

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



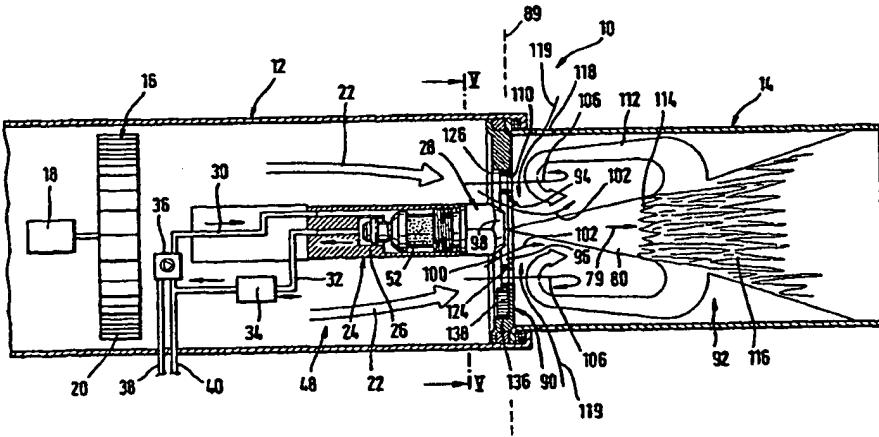
|   |    |   |
|---|----|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation 6 :<br><b>F23D 11/40, F23C 9/00</b>  | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 95/16882</b><br>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>22. Juni 1995 (22.06.95)</b>   |
| (21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP94/04204</b>  |    | (81) Bestimmungsstaaten: CZ, HU, PL, SK, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  |
| (22) Internationales Anmeldedatum: <b>17. December 1994 (17.12.94)</b>  |    |   |
| (30) Prioritätsdaten:<br>P 43 43 430.4 18. December 1993 (18.12.93) DE<br>P 44 30 889.2 31. August 1994 (31.08.94) DE   |    | Veröffentlicht<br><i>Mit internationalem Recherchenbericht.<br/>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i> |
| (71) Anmelder: <b>DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V. [DE/DE]; D-53111 Bonn (DE).</b>   |    |   |
| (72) Erfinder: <b>KNAPP, Bernhard; In den Schmelzgärten 2, D-74821 Mosbach (DE). BADER, Manfred; Hohenloher Strasse 21, D-74196 Neuenstadt (DE). MARDORF, Lutz; Olgastrasse 2, D-74219 Möckmühl (DE).</b> |    |   |
| (74) Anwälte: <b>BECK, Jürgen usw.; Hoeger, Stellrecht &amp; Partner, Uhlandstrasse 14c, D-70182 Stuttgart (DE).</b>  |    |   |

(54) Title: **BLUE-FLAME BURNER WITH OPTIMIZED COMBUSTION CHARACTERISTICS**

(54) Bezeichnung: **VERBRENNUNGSOPTIMIERTER BLAUBRENNER**

(57) Abstract

The invention concerns a liquid-fuel burner comprising a housing (10), a precombustion chamber (48) containing a nozzle assembly (24) with a nozzle (28) which produces a jet of fuel (80), a combustion chamber (92) in which the fuel jet broadens out, a partition (90) between the precombustion and combustion chambers, and a fan (16) designed to force a stream of combustion air into the combustion chamber, the fuel burning essentially stoichiometrically with a blue flame. In order to improve the burner to minimize the amounts of pollutants in the combustion gases, the invention proposes that, in addition to a stream of combustion air (102) entering the combustion chamber near the fuel jet, a second, recirculation-stabilizing stream of air (106) enters opposite the first stream, at a defined radial distance further out from the first stream. Inside the combustion chamber, an inner recirculation stream (112) is formed which is stabilized by the second stream of combustion air.



**(57) Zusammenfassung**

Um einen Brenner für flüssige Medien umfassend ein Brennergehäuse (10), einen in einer Vorkammer (48) angeordneten Düsenstock (24) mit einer einen Brennstoffstrahl (80) erzeugenden Düse (28), eine Brennkammer (92) in welcher sich der Brennstoffstrahl ausbreitet, ein Trennelement (90) zwischen der Vorkammer und der Brennkammer, ein Gebläse (16) zur Erzeugung eines in die Brennkammer eintretenden Brennluftstroms, wobei der Brennstoff mit einer blaubrennenden Flamme in wesentlichen stöchiometrisch verbrennt, derart zu verbessern, dass eine möglichst schadstoffarme Verbrennung erfolgt, wird vorgeschlagen, dass in der Brennkammer zusätzlich zu einem brennstoffstrahlnahen Teilstrom (102) ein gegenüber diesem in definiertem Abstand radial aussenliegender rezirkulationsstabilisierender Teilstrom (106) von Brennluft eintritt, dass sich in der Brennkammer eine innere Rezirkulationsströmung (112) ausbildet und dass der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom der Brennluft die innere Rezirkulationsströmung stabilisiert.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                                |    |                                   |    |                                |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AT | Oesterreich                    | GA | Gabon                             | MR | Mauretanien                    |
| AU | Australien                     | GB | Vereinigtes Königreich            | MW | Malawi                         |
| BB | Barbados                       | GE | Georgien                          | NE | Niger                          |
| BE | Belgien                        | GN | Guinea                            | NL | Niederlande                    |
| BF | Burkina Faso                   | GR | Griechenland                      | NO | Norwegen                       |
| BG | Bulgarien                      | HU | Ungarn                            | NZ | Neuseeland                     |
| BJ | Benin                          | IE | Irland                            | PL | Polen                          |
| BR | Brasilien                      | IT | Italien                           | PT | Portugal                       |
| BY | Belarus                        | JP | Japan                             | RO | Rumänien                       |
| CA | Kanada                         | KE | Kenya                             | RU | Russische Föderation           |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | KG | Kirgisistan                       | SD | Sudan                          |
| CG | Kongo                          | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden                       |
| CH | Schweiz                        | KR | Republik Korea                    | SI | Slowenien                      |
| CI | Côte d'Ivoire                  | KZ | Kasachstan                        | SK | Slowakei                       |
| CM | Kamerun                        | LI | Liechtenstein                     | SN | Senegal                        |
| CN | China                          | LK | Sri Lanka                         | TD | Tschad                         |
| CS | Tschechoslowakei               | LU | Luxemburg                         | TG | Togo                           |
| CZ | Tschechische Republik          | LV | Lettland                          | TJ | Tadschikistan                  |
| DE | Deutschland                    | MC | Monaco                            | TT | Trinidad und Tobago            |
| DK | Dänemark                       | MD | Republik Moldau                   | UA | Ukraine                        |
| ES | Spanien                        | MG | Madagaskar                        | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| FI | Finnland                       | ML | Mali                              | UZ | Usbekistan                     |
| FR | Frankreich                     | MN | Mongolei                          | VN | Vietnam                        |

## 1

## B e s c h r e i b u n g

## Verbrennungsoptimierter Blaubrenner

Die Erfindung betrifft einen Brenner für flüssige Medien umfassend ein Brennergehäuse, welches ein Stützrohr und ein sich daran anschließendes Flammrohr aufweist, einen in dem Stützrohr in einer Vorkammer angeordneten Düsenstock mit einer einen Brennstoffstrahl erzeugenden Düse, eine in dem Flammrohr angeordnete im wesentlichen mischrohrfreie Brennerkammer in welcher sich der Brennstoffstrahl ausbreitet, ein Trennelement zwischen der Vorkammer und der Brennkammer mit einer zentralen Öffnung, durch welche der Brennstoffstrahl hindurchtritt, ein Gebläse zur Erzeugung eines in die Brennkammer eintretenden Brennluftstroms, welcher einen brennstoffstrahlnahen Teilstrom umfaßt, wobei in der Brennkammer der Brennstoff mit einer blaubrennenden Flamme im wesentlichen stöchiometrisch oder nahstöchiometrisch verbrennt.

Die DE-OS 40 09 222 offenbart einen Brenner zum stöchiometrischen Verbrennen von flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen aus einer Zerstäuberdüse. Bei diesem Brenner wird um die Zerstäuberdüse herum durch eine Blende Luft in eine Brennkammer geführt, in welche der aus der Düse austretende Brennstoff ebenfalls eintritt.

2

Zusätzlich sind in der Wand der Brennkammer parallel zur Strömungsrichtung verlaufende schlitzförmige Öffnungen vorgesehen, über welche eine Rezirkulation von kalten Verbrennungsgasen von außerhalb des Brennerrohrs erfolgt, die zu dem Brennstoff und der um die Zerstäuberdüse herum eintretenden Luft hinzugemischt werden, um in dem Brennraum eine stöchiometrische Verbrennung zu erhalten.

Die EP-A-0 430 011 offenbart ebenfalls einen blaubbrennenden Brenner, bei welchem um eine Zerstäuberdüse herum ein Gemisch aus Frischluft und rezirkulierenden Verbrennungsgasen zugeführt und vermischt werden, bevor sie wieder mit dem von der Zerstäuberdüse kommenden Brennstoff zu einer stöchiometrischen Verbrennung führen.

Bei allen Ausführungsbeispielen erfolgt vor der Ebene, in welcher eine Mündungsöffnung der Düse liegt, eine Vermischung von Brennluft und rezirkulierendem Verbrennungsgas und nach dieser in einer Mischkammer eine Vermischung der Brennluft und der rezirkulierenden Verbrennungsgase mit dem Brennstoff, die danach in die eigentliche Brennkammer eintreten. Bei besonderen Ausführungsbeispielen ist die Zuführung der Frischluft geteilt, einerseits in einen ersten Teil, der sich direkt mit den rezirkulierenden Verbrennungsgasen vermischt, und andererseits in einen zweiten Teil, welcher die Zerstäuberdüse umströmt und dazu dient, die Zerstäuberdüse zu kühlen, so daß die Kühlung der Zerstäuberdüse, insbesondere der Öldüse, einstellbar ist. Auch diese Frischluft wird dann in einer Mischkammer mit der übrigen Frischluft und dem rezirkulierenden Verbrennungsgas sowie dem Brennstoff vermischt.

Aus der DE-OS 27 12 564 ist ein regelbarer Brenner bekannt, bei welchem eine Stauscheibe vorhanden ist und stromabwärts der Stauscheibe ein Unterdruckgebiet durch ein Erzeugen einer rotierenden hohlen Luftsäule geschaffen wird, so daß Verbrennungsgase in dieses Unterdruckgebiet zurückgesaugt werden. Die rotierende hohle Luftsäule wird dabei durch in radialer Richtung verlaufende und mit Hutzen abgedeckte Radialschlitzte erzeugt.

Zusätzlich sind noch für höhere Leistungen äußere Luftzuführungen für Frischluft vorgesehen.

Zusätzlich ist die Zerstäuberdüse mit den Zündelektroden in einem abgeschlossenen Raum angeordnet, dem nur soviel Frischluft zugeführt wird, wie zum Bewegen des Zündfunkens erforderlich ist.

Die DE-PS 29 08 427 offenbart einen Brenner, bei welchem zunächst unter Zugabe von Rauchgasen eine unterstöchiometrische Verbrennung in einer primären Verbrennungszone mit unmittelbarer Zufuhr eines den Brennstoffstrom umhüllenden Mantelluftstroms erfolgt und anschließend in einer überstöchiometrischen sekundären Verbrennungszone, in der Restluft über den Umfangsbereich der primären Verbrennungszone zugeführt wird, eine weitere Verbrennung erfolgt.

Die Restluft wird dabei koaxial um den jeweiligen Brenner herum geregelt in mindestens zwei Teilströmen zugeführt, die von der Brennermündung aus nach einer bestimmten freien Strömungsstrecke die Flamme erreichen.

Aus der DE-OS 31 09 988 ist ein sogenannter Blaubrenner bekannt, bei welchem über ein Mischrohr eine innere Rezirkulation erzwungen wird, wobei dem aus einer Zerstäuberdüse austretenden Brennstoffstrahl einerseits diesen unmittelbar umgebende Verbrennungsluft zugeführt wird und andererseits radial außenliegend weitere Luftdurchtrittsbohrungen vorgesehen sind, die allerdings radial innerhalb des Mischrohrs liegen.

Aus der EP-A-0 538 761 ist ein Brenner mit einer Rezirkulation bekannt, bei welcher die äußere Rezirkulation durch eine Längsrichtung der Schlitze erzeugt wird, wobei diese Schlitze mit ihrer Längsrichtung in Umfangsrichtung verlaufen.

Darüber hinaus wird Frischluft, die die Düse umströmt, durch eine Blende in den Brennraum eingeblasen.

Ähnliche Brenner sind beispielsweise aus der DE-PS 27 00 671 oder der DE-PS 38 01 681 bekannt.

Bei diesen Brennern ist zur Ausbildung einer stabilen Rezirkulationsströmung ein sogenanntes Mischrohr erforderlich, welches eine einzige Rezirkulationsströmung von heißem Gas festlegt und somit ein Blaubrennen der Flamme ermöglicht.

Unter einem Blaubrennen der Flamme ist dabei zu verstehen, daß diese Flamme einen vollständig vergasten Brennstoff verbrennt, was insbesondere bei Verwendung von Öl als Brennstoff erforderlich macht, die aus der Düse in den

Brennstoffstrahl zunächst austretenden kleinen Öltröpfchen bis zur Verbrennung durch die Flamme im wesentlichen vollständig zu verdampfen.

Das Problem bei diesen bekannten Brennern besteht darin, daß die Gesamtkonzeption des Brenners eine Abstimmung aller Teile für eine einzige Brennerleistung erforderlich macht, so daß ein Brenner für andere Brenner-Leistungen eine völlige Neukonstruktion erfordert.

Ausgehend von der DE-OS 40 09 222 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Brenner der gattungsgemäßen Art derart zu verbessern, daß eine möglichst schadstoffarme und stabile stöchiometrische oder nahstöchiometrische Verbrennung erlaubt.

Diese Aufgabe wird bei einem Brenner der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in die Brennkammer zusätzlich zum brennstoffstrahlnahen Teilstrom ein gegenüber diesem in definiertem Abstand radial außenliegender rezirkulationsstabilisierender Teilstrom von Brennluft eintritt, daß sich in der Brennkammer eine von der blaubrennenden Flamme zum nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls zurückverlaufende innere Rezirkulationsströmung ausbildet und daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom der Brennluft die innere Rezirkulationsströmung stabilisiert.

## 6

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, daß durch den zusätzlichen rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom der Brennluft eine Stabilisierung der inneren Rezirkulationsströmung in der Brennkammer möglich ist.

Damit ist ein Brenner geschaffen, bei welchem durch die lokal definierte Zufuhr des Brennluftstroms die Möglichkeit besteht, im wesentlichen ohne mechanische strömungsleitende Elemente in der Brennkammer stabile Rezirkulationsströmungen und somit ein Blaubrennen der Flamme zu gewährleisten.

Alternativ oder ergänzend hierzu wird die vorstehend genannte Aufgabe bei einem Brenner der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Brennergehäuse Öffnungen vorgesehen sind, durch welche eine kalte Verbrennungsgase führende äußere Rezirkulationsströmung in die Brennkammer eintritt, daß die äußere Rezirkulationsströmung nahe des Trennelements in die Brennkammer eintritt und so groß ist, daß eine Flammenwurzel der blaubbrennenden Flamme einen Abstand von mindestens 1 cm von der Düse aufweist, und daß sich zwischen der Düse und der Flammenwurzel ein nicht-brennender Teil des Brennstoffstrahls unter Zumischung von Brennluft kegelförmig ausbreitet.

Der Vorteil dieser erfindungsgemäßen Lösung ist insbesondere darin zu sehen, daß die äußere Rezirkulationsströmung, die gemäß dem Stand der Technik lediglich dazu eingesetzt wurde, den Gehalt an schädlichen Verbrennungsgasen, insbesondere

Stickoxiden, zu reduzieren, nunmehr erfindungsgemäß dazu eingesetzt wird, die Flammenwurzel in ausreichend großem Abstand von der Düse zu positionieren, nämlich dadurch, daß über die äußere Rezirkulationsströmung in ausreichendem Maße zusätzliches, im wesentlichen nicht oder nur in geringem Maße oxidierendes Gas in die Brennkammer eingeführt wird, somit den Massenstrom durch die Brennkammer erhöht und damit den notwendigen Abstand zwischen der Flammenwurzel und der Düse herbeiführt, der erforderlich ist, um einen ausreichend langen nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls zu erhalten, der erforderlich ist, um ein vollständiges Verdampfen der Tröpfchen zu erreichen.

Insbesondere wird bei diesem Ausführungsbeispiel durch die ausreichende Länge des nichtbrennenden Teils des Brennstoffstrahls die Möglichkeit geschaffen, die heißen Gase aus der inneren Rezirkulationsströmung dem nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls zuzumischen und damit wiederum die Möglichkeit, die Öltröpfchen im Brennstoffstrahl mit Sicherheit bis zur Flammenwurzel zu verdampfen, so daß letztlich eine stabile blaubrennende Flamme entsteht, die in hohem Maße unempfindlich gegen kleinere Änderungen in den Einstellparametern ist.

Alternativ oder ergänzend zu den vorstehend beschriebenen Lösungen wird die vorstehend genannte Aufgabe bei einem Brenner der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Brennergehäuse Öffnungen vorgesehen sind,

durch welche eine äußere, kalte Verbrennungsgase führende Rezirkulationsströmung in die Brennkammer eintritt, daß die äußere Rezirkulationsströmung nahe des Trennelements in die Brennkammer eintritt und daß diese eine innere Rezirkulationsströmung gegenüber dem Trennelement abschirmt, welche sich als in der Brennkammer von der blaubrennenden Flamme zum nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls zurückverlaufende Strömung ausbildet.

Bei dieser erfindungsgemäßen Lösung wird die üblicherweise zur Reduktion der Schadstoffe, insbesondere der Stickoxide, eingesetzte äußere Rezirkulationsströmung erfindungsgemäß dazu eingesetzt, die heißen Verbrennungsgase der inneren Rezirkulationsströmung gegenüber dem kalten Trennelement abzuschirmen und somit eine zu starke Abkühlung dieser heißen Verbrennungsgase durch das kalte Trennelement zu verhindern. Vielmehr werden diese heißen Verbrennungsgase im wesentlichen ohne oder mit nur geringer Abkühlung dem Brennstoffstrahl zugeführt, um durch den Wärmeeintrag ein möglichst optimales Verdampfen der Öltröpfchen zu gewährleisten.

Die erfindungsgemäße Lösung hat außerdem im Zusammenhang mit der Verwendung einer äußeren Rezirkulationsströmung den großen Vorteil, daß aufgrund der fehlenden mechanischen Strömungsleitelemente im Brennraum, insbesondere aufgrund des fehlenden Mischrohrs, keine Probleme hinsichtlich des Schadstoffemission beim Start des Brenners auftreten, die dazu führen, daß die äußere Rezirkulation variierend

eingestellt werden muß. Vielmehr bietet die erfindungsgemäße Lösung den großen Vorteil, daß bereits beim Start des Brenners eine optimale schadstoffarme Verbrennung erfolgt, so daß die aufwendige Regulierung der äußeren Rezirkulation, wie beispielsweise in der DE-PS 39 06 854 beschrieben, zwar noch durchgeführt werden kann, jedoch aufgrund der erhältlichen guten Schadstoffwerte ohne diese Regulierung nicht erforderlich ist.

Hinsichtlich des Verlaufs der inneren Rezirkulationsströmung in der Brennkammer wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die innere Rezirkulationsströmung von der Flamme ausgehend auf einer Innenseite des Flammrohrs in Richtung des Trennelementes strömt. In dieser Lage läßt sich die innere Rezirkulationsströmung durch den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom der Brennluft besonders einfach und nachhaltig stabilisieren.

Bei einem besonders zweckmäßigen Ausführungsbeispiel mit innerer Rezirkulationsströmung ist die innere Rezirkulationsströmung gelbbrennend.

Eine besonders vorteilhafte Wirkung der inneren Rezirkulationsströmung, insbesondere hinsichtlich des Wärmeübertrags auf den Brennstoffstrahl zur Verdampfung der Öltröpfchen läßt sich dann erreichen, wenn die innere Rezirkulationsströmung durch den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom hindurchtritt.

10

Hinsichtlich der Richtung, mit welcher der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom in die Brennkammer eintritt wurden im Zusammenhang mit der bisherigen Erläuterung der Ausführungsbeispiele keine näheren Angaben gemacht. Beispielsweise könnte der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom parallel zum Kegelmantel des Brennstoffstrahls gerichtet sein. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des Brennstoffstrahls in die Brennkammer eintritt.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Teilströme unabhängig von der eingestellten Luftmenge an jeweils demselben Ort in die Brennkammer eintreten.

Durch die lokale Festlegung des Eintritts der Teilströme in die Brennkammer lässt sich die Stabilisierung der Rezirkulationsströmung bei jeder Einstellung von Brennstoffmenge und Luftmenge besonders vorteilhaft mit einfachsten Mitteln erreichen.

Im Zusammenhang mit der bisherigen Erläuterung einzelner Ausführungsbeispiele wurde nicht darauf eingegangen, über welche Teilströme die Luftmenge eingestellt wird.

Aus der Verbrennungsrechnung wäre es rein theoretisch möglich, über den brennstoffstrahlnahen Teilstrom oder über den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom oder über beide die Luftmenge einstellbar zu machen.

Aus Gründen der Einfachheit und einer strömungsgünstigen Lösung ist es jedoch vorteilhaft, wenn zur Einstellung der Luftmenge nur einer der Teilströme zur Anpassung an die Brennstoffmenge einstellbar ist.

Zur Stabilisierung der Rezirkulationsströmungen bei jeder Einstellung von Luftmenge und Brennstoffmenge hat es sich als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom hinsichtlich der Luftmenge einstellbar ist. Über die Einstellbarkeit des rezirkulationsstabilisierenden Teilstroms lässt sich insbesondere eine vorteilhafte Stabilisierung der Rezirkulationsströmung bei jeder Brennerleistung erreichen, da dieser Teilstrom direkt auf die Ausbildung der Rezirkulationsströmungen einwirkt und somit eine Einstellung desselben so vornehmbar ist, daß direkt die Rezirkulationsströmung aufgrund des lokalen Eintritts dieses Teilstroms in die Brennkammer stabilisierbar ist.

Vorzugsweise tritt der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom in Form eines in Umfangsrichtung unterbrochenen Ringstroms um deren Brennstoffstrahl in die Brennkammer ein, wodurch die Stabilisierung der Rezirkulationsströmung noch weiter verbessert wird, da an den Stellen der Unterbrechung eine "Durchströmung" des Ringstroms in radialer Richtung in einfacher Weise möglich ist, während zwischen den Unterbrechungen stabilisierende Wirbel erzeugt werden.

12

Da bei maximaler Brennstoffmenge eine maximale Gasgeschwindigkeit in der Flamme auftritt, ist es ferner besonders vorteilhaft, wenn die Luftmenge im rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom bei maximaler Brennstoffmenge maximal und bei minimaler Brennstoffmenge minimal ist, so daß die Luftmenge des rezirkulationsstabilisierenden Teilstroms bei maximaler Brennstoffmenge und somit größter Gasgeschwindigkeit der Flamme ebenfalls eine ausreichende Rezirkulationsströmung für ein Blaubrennen der Flamme in der Brennkammer aufrechterhält.

Hinsichtlich der Einstellbarkeit der Rezirkulationsströmung hat es sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn die Luftmenge im brennstoffstrahlnahen Teilstrom bei allen Einstellungen der Brennstoffmenge konstant ist, so daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom stets eine Grundversorgung des Brennstoffstrahls mit Luft sicherstellt. Im Extremfall ist die Luftmenge im brennstoffstrahlnahen Teilstrom so dimensioniert, daß bei maximaler Brennstoffmenge die Luftmenge im rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom maximal ist und bei minimaler Brennstoffmenge der Brennluftstrom lediglich durch den brennstoffstrahlnahen Teilstrom gebildet wird.

Bei einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brenners ist vorgesehen, daß die Luftmenge im brennstoffstrahlnahen Teilstrom zwischen ungefähr dem 0,6-fachen und ungefähr dem 0,2-fachen der Luftmenge des maximalen rezirkulationsstabilisierenden Teilstroms liegt, wobei dies insbesondere bei einem Brenner vorgesehen ist, dessen Brenner-Leistung um einen Faktor fünf varierbar ist.

Hinsichtlich der Art der Ausbildung des Brennstoffstrahls wurden bei der Erläuterung der bisherigen Ausführungsbeispiele keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein besonders einfaches und wirkungsvoll arbeitendes Ausführungsbeispiel vor, daß der Brennstoffstrahl einen von einer einfach zusammenhängenden Düsenöffnung ausgehenden Spitzkegel, insbesondere im wesentlichen einen Vollkegel, bildet, in welchem eine möglichst homogene Verteilung möglichst homogener Tröpfchen des Öls vorliegt.

Hinsichtlich der Ausrichtung des brennstoffstrahlnahen Teilstroms beim Eintritt in die Brennkammer wurden ebenfalls noch keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß der brennstoffnahe Teilstrom im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des Brennstoffstrahls in die Brennkammer eintritt.

Vorzugsweise tritt der brennstoffstrahlnahe Teilstrom dabei den Brennstoffstrahl umströmend in die Brennkammer ein, um eine gute Vermischung dieses Teils der Brennluft mit dem Brennstoffstrahl in der Brennkammer zu ermöglichen.

Besonders vorteilhaft läßt sich dies dann erreichen, wenn der brennstoffstrahlnahe Teilstrom und der Brennstoffstrahl durch dieselbe zentrale Einströmöffnung im Trennelement in die Brennkammer eintreten.

14

Hinsichtlich des Orts der Zufuhr des brennstoffstrahlnahen Teilstroms in die Brennkammer wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom im Bereich eines Umfangs des Düsenkopfs der Düse in die Brennkammer einströmt.

Noch vorteilhafter ist es jedoch, insbesondere aufgrund der räumlichen Gegebenheiten im Bereich der Düse, wenn der brennstoffstrahlnahe Teilstrom entlang eines definierten Außenprofils des Düsenkopfs strömt und somit in unmittelbarer Nähe des Brennstoffstrahls in die Brennkammer eintritt.

Im einfachsten Fall lässt sich der für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom erforderliche Querschnitt dadurch zur Verfügung stellen, daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom durch einen Durchlaß zwischen dem Düsenkopf und einem Rand einer für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom vorgesehenen Einströmöffnung in die Brennkammer strömt, so daß die Größe des Durchlasses den Strömungsquerschnitt für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom festlegt.

Eine besonders vorteilhafte Durchmischung des brennstoffstrahlnahen Teilstroms und des Brennstoffs in der Brennkammer ergibt sich dann, wenn die Einströmöffnung für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom Turbulenzen erzeugend ausgebildet ist.

## 15

Im einfachsten Fall ist hierzu vorgesehen, daß die Einströmöffnung mit einer Wirbelkante oder einer Wirbelschneide versehen ist.

Hinsichtlich des Aufbaus des Brennergehäuses wurden im Zusammenhang mit den bisherigen Ausführungsbeispielen keine detaillierten Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß das Brennergehäuse eine Vorkammer umfaßt, in welchem die Düse angeordnet ist und welche durch das Trennelement von der Brennkammer getrennt ist. Ein derartiger Aufbau des Brennergehäuses hat den Vorteil einer großen Einfachheit und hoher konstruktiver Flexibilität.

Im Zusammenhang mit den bisherigen Ausführungsbeispielen wurde nicht näher darauf eingegangen, wie der Brennluftstrom in die Brennkammer geführt ist.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn der gesamte Brennluftstrom durch die Vorkammer hindurchgeführt ist, da dies einen besonders konstruktiv einfachen Aufbau des Brenners gewährleistet.

Hierzu ist ebenfalls aus Gründen der konstruktiven Einfachheit vorzugsweise vorgesehen, daß der Brennluftstrom durch das Trennelement hindurch in die Brennkammer eintritt.

Hinsichtlich der Führung der Brennluft durch das Trennelement ist zweckmäßigerweise vorgesehen, daß das Trennelement eine der Düse zugewandte Einströmöffnung für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom aufweist.

16

Darüber hinaus ist zweckmäßigerweise vorgesehen, insbesondere um den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom an dem gewünschten Ort in die Brennkammer eintreten zu lassen, daß das Trennelement relativ zu der Einströmöffnung für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom mindestens eine radial außenliegende Öffnung für den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom aufweist.

Hinsichtlich der Ausbildung der Brennkammer wurden im Zusammenhang mit den bisherigen Ausführungsbeispielen ebenfalls keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die Brennkammer von einem Flammrohr des Brenners umschlossen ist, so daß dieses Flammrohr des Brenners eine definierte geometrische Umgebung der Brennkammer und somit insbesondere eine definierte Ausbildung der Rezirkulationsströmungen zuläßt.

Dieses Flammrohr ist zur Absenkung der Stickoxidemission vorzugsweise mit Öffnungen zur Ausbildung der äußeren Rezirkulationsströmung versehen.

Hinsichtlich der Ausbildung der Brennkammer selbst wurden im Zusammenhang mit der bisherigen Beschreibung der einzelnen Ausführungsbeispiele keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die Brennkammer sich ausgehend von einer Ebene erstreckt, welche nahe der Düsenöffnung liegt. Eine derartige Ausbildung der

17

Brennkammer erlaubt eine optimale Führung der einzelnen Rezirkulationsströmungen, insbesondere der inneren und der äußeren Rezirkulationsströmung zu dem nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls.

Eine besonders einfache und effiziente Ausbildung der Brennkammer sieht vor, daß diese zwischen dem Trennelement und dem Bereich der Flammenwurzel einen im wesentlichen konstanten Querschnitt aufweist. Dies ergibt den Vorteil, daß ausreichend Raum zur Führung und Ausbildung der Rezirkulationsströmungen, insbesondere der inneren Rezirkulationsströmung zur Verfügung steht.

Hinsichtlich des Trennelements wurden keine spezifischen Angaben gemacht. Beispielsweise könnte das Trennelement gemäß der EP 0 430 011 ausgebildet sein. Konstruktiv besonders einfach ist es jedoch wenn das Trennelement eine Blende ist.

Auch die Blende könnte ihrerseits noch gewölbt ausgebildet sein, wie folgt. Wie beispielsweise aus der DE-OS 40 09 222 bekannt. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Blende sich in einer Ebene erstreckt, da eine derartige Form der Blende auch eine optimale Führung der Rezirkulationsströmungen zum nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls im Bereich der Blende erlaubt.

28

Besonders günstig ist es, wenn die Brennkammer einen sich vom nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls durchsetzten und sich um diesen herumerstreckenden Rezirkulationsraum aufweist, welcher optimale Möglichkeiten zur Zuführung der einzelnen Rezirkulationsströmungen zum nichtbrennenden Teil des Brennstoffstrahls bietet.

Zweckmäßigerweise ist dabei der Rezirkulationsraum so ausgebildet, daß er sich mindestens bis zur Flammenwurzel erstreckt, um ausreichend Raum für die innere Rezirkulationsströmung zu schaffen.

Um nun die Rezirkulationsströmungen besonders optimal stabilisieren zu können ist vorgesehen, daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom in den Rezirkulationsraum eintritt.

Vorzugsweise ist der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom so ausgebildet, daß er symmetrisch zu einer Achse der Brennkammer und somit zu einer Achse des Rezirkulationsraums in diesen eintritt.

Vorzugsweise ist der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom so ausgebildet, daß er in Form eines auf einem Zylinder liegenden Strombildes in die Brennkammer eintritt. Diese Form des rezirkulationsstabilisierenden Teilstroms ermöglicht eine besonders optimale Stabilisierung der inneren Rezirkulationsströmung.

19

Insbesondere ist dabei der Zylinder als Kreiszylinder ausgebildet, welcher durch einen mittig desselben liegenden Teilkreis festgelegt ist.

Hinsichtlich des Strombildes wurden keine näheren Ausführungen gemacht. Beispielsweise wäre es möglich, das Strombild als einheitliche geschlossene Ringströmung in Form des Zylinders auszuführen. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn das Strombild aus parallelen Einzelteilströmen zusammengesetzt ist, da diese Einzelteilströme die Möglichkeit schaffen, in besonders vorteilhafter Weise die Rezirkulationsströmungen durch den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom im Bereich des nichtbrennenden Teils des Brennstoffstrahls hindurchtreten zu lassen.

Dies ist besonders vorteilhaft dann möglich, wenn die Einzelteilströme in konstantem Winkelabstand zueinander angeordnet sind, um definierte Zwischenräume zwischen den einzelnen Einzelteilströmen zu schaffen, durch welche die Rezirkulationsströmungen hindurchtreten können.

Hinsichtlich der Dimensionierung der Einzelteilströme im Verhältnis zu den Winkelabständen zwischen denselben hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn das Verhältnis des Winkelabstandes zwischen zwei Einzelteilströmen zur Winkelbreite des Eintrittsquerschnitts jedes Einzelteilstroms zwischen ungefähr 10 und ungefähr 0,1 liegt.

## 20

Vorteilhafter ist es, wenn dieses Verhältnis zwischen ungefähr 3 und ungefähr 0,1, besser zwischen ungefähr 2 und ungefähr, 0,1, noch besser zwischen ungefähr 1 und ungefähr 0,1, liegt und besonders optimal hat es sich erwiesen, wenn dieses Verhältnis im Bereich von ungefähr 1,5 bis ungefähr 0,3 liegt.

Ferner wurden bislang auch keine näheren Angaben zu der Dimensionierung des Rezirkulationsraums gemacht. Vorzugsweise ist vorgesehen, daß der Kreisringbereich einen Teilkreisdurchmesser aufweist, welcher in einem Bereich von ungefähr 0,2 bis ungefähr 0,7 eines Außendurchmessers der Brennkammer oder des Rezirkulationsraums liegt

Eine besonders optimale Wirkung des rezirkulationsstabilisierenden Teilstroms ist dann erzielbar, wenn der Rezirkulationsraum, einen beispielsweise dem Innendurchmesser des Flammrohrs entsprechenden Außendurchmesser aufweist, welcher ungefähr 1,5- bis 3 mal größer ist als der Durchmesser des Teilkreises des Kreiszylinders.

Noch vorteilhafter ist es, wenn der Rezirkulationsraum einen Außendurchmesser aufweist, welcher ungefähr 1,8 bis ungefähr 2,6 mal, noch besser ungefähr 2 bis ungefähr 2,5 mal, größer ist als der Durchmesser des Teilkreises des Kreiszylinders. Besonders optimale Ergebnisse haben sich ergeben, wenn der Außendurchmesser des Rezirkulationsraums ungefähr  $2,4 \pm 10\%$  mal so groß, noch optimaler ungefähr 2,5 mal, so groß ist wie der Teilkreisdurchmesser.

21

Um insbesondere die Flamme optimal zu stabilisieren, und zu verhindern, daß die Flamme räumlich flackert, hat es sich als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn sich an den Rezirkulationsraum ein Flammraum anschließt.

Dieser Flammraum kann bei großen Leistungen denselben Innendurchmesser aufweisen wie der Rezirkulationsraum, insbesondere bei kleinen Leistungen hat es sich jedoch hinsichtlich der räumlichen Stabilisierung als vorteilhaft erwiesen, wenn der Flammraum einen Durchmesser aufweist, welcher maximal gleich groß oder kleiner als der Rezirkulationsraum ist.

Besonders bevorzugte Werte ergeben sich, wenn der Durchmesser des Flammraums im Bereich des ungefähr 0,6- bis 0,9-fachen des Durchmessers des Rezirkulationsraums liegt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Innendurchmesser des Flammraums im Bereich des ungefähr 0,8-fachen des Innendurchmessers des Rezirkulationsraums liegt.

Hinsichtlich der Ausdehnung der Brennkammer wurden ebenfalls keine definierten Angaben gemacht. Ebenfalls um die Flamme möglichst stabil zu halten, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Flamme eine in der Brennkammer liegende Flammenwurzel aufweist.

Hinsichtlich der Einleitung der äußeren Rezirkulationsströmung in die Brennkammer wurden bislang keine detaillierten Angaben gemacht. So könnte beispielsweise

22

die Einleitung der äußeren Rezirkulationsströmung in die Brennkammer entsprechend der EP 0 430 011 erfolgen. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die äußere Rezirkulationsströmung getrennt von dem Brennluftstrom in die Brennkammer eintritt.

Dieses Ausführungsbeispiel hat den großen Vorteil, daß sich die äußere Rezirkulationsströmung hierbei einerseits definiert führen und andererseits hinsichtlich des Massenstroms ebenfalls definiert einstellen läßt, was für die erfindungsgemäßen Aspekte, insbesondere die Führung der äußeren Rezirkulationsströmung zur Abschirmung der inneren Rezirkulationsströmung vom Trennelement und die Dimensionierung des Massenstroms zum Erreichen eines ausreichend langen nicht-brennenden Teils des Brennstoffstrahls von Bedeutung ist. Damit ist auch das Volumen für die innere Rezirkulationsströmung festgelegt.

Mit besonders einfachen Mitteln läßt sich dies konstruktiv dann erreichen, wenn die äußere Rezirkulationsströmung durch Rezirkulationsöffnungen im Flammrohr direkt in die Brennkammer eintritt.

Hinsichtlich der Dimensionierung der äußeren Rezirkulationsströmung wurden bislang noch keine quantitativen Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß eine Fläche der für den Eintritt des Brennluftstroms in die Brennkammer vorgesehenen Öffnungen maximal

23

ungefähr der Fläche der im Flammrohr vorgesehenen Rezirkulationsöffnungen für die äußere Rezirkulationsströmung entspricht. Mit dieser Dimensionierung ist ein ausreichend großer Massenstrom in der Rezirkulationsströmung gewährleistet, um einen ausreichend langgestreckten Teil des nicht-brennenden Brennstoffstrahls in der Brennkammer zu erhalten.

Ferner ist es möglich in dem Flammrohr ein Strömungsstabilisierungselement anzuordnen, welches sich von der Blende in Richtung eines Fußbereichs der Flamme bis maximal ungefähr über ein Viertel des Abstands zwischen der Blende und der Flamme erstreckt. Dieses Strömungsstabilisierungselement hat nichts zu tun mit dem aus dem Stand der Technik bekannten Mischrohr, da das bekannte Mischrohr nur die Ausbildung einer einzigen Rezirkulationsströmung zuläßt, während das erfundsgemäße Strömungsstabilisierungselement ebenfalls so ausgebildet ist, daß es die Ausbildung mehrerer durch den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom definierbarer Rezirkulationsströmungen zuläßt, insbesondere die Ausbildung der für die jeweiligen Brennstoffmengen und Luftmengen erforderlichen Rezirkulationsströmungen.

Aus diesem Grund ist es besonders vorteilhaft, wenn das Strömungsstabilisierungselement sich maximal über ungefähr ein Sechstel des Abstands zwischen der Blende und dem Fußbereich der Flamme erstreckt.

24

Die vorstehend erläuterten Strömungsstabilisierungselemente sind jedoch für die ausreichende Stabilisierung von Rezirkulationsströmungen nicht zwingend notwendig und schaffen stets die Gefahr von Rußablagerungen im Brenner.

Insbesondere dann, wenn Rußablagerungen in der Brennkammer so gut wie möglich verhindert werden sollen, ist vorteilhaftweise vorgesehen, daß die Brennkammer frei von innerhalb derselben angeordneten Strömungsstabilisierungselementen für die Rezirkulation ausgebildet ist.

Insbesondere ist dabei die Brennkammer - wie bereits eingangs erwähnt - mischrohlfrei ausgebildet.

Zur Frage der Einstellung der Luftmenge des Brennluftstroms wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß zur Einstellung der Luftmenge des Brennluftstroms eine Einstelleinrichtung vorgesehen ist.

Die Einstelleinrichtung ist vorzugsweise so ausgebildet, daß bei einer Einstellung der Luftmenge der Ort des Eintritts des Brennluftstroms in die Brennkammer in radialer Richtung zum Brennstoffstrahl im wesentlichen invariant ist. Dies hat den großen Vorteil, daß durch die Festlegung des Orts des Eintritts des Brennluftstroms eine optimale Stabilisierung der Rezirkulation bei allen Einstellungen von Brennstoffmenge und Brennluftmenge möglich ist.

25

Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn die Einstelleinrichtung lokal fixierte Öffnungen für den Brennluftstrom aufweist, welche auf unterschiedliche Querschnitte einstellbar sind.

Zweckmäßigerweise ist dies konstruktiv so gelöst, daß die Einstelleinrichtung ein drehbar an der Blende gelagertes Einstellelement umfaßt, mit welchem der Querschnitt einer in der Blende vorgesehenen Öffnung einstellbar ist.

Im einfachsten Fall ist dabei das Einstellelement als drehbar an der Blende gelagerte Einstellscheibe ausgebildet, welche in verschiedene Drehstellungen relativ zur Blende und zu den in der Blende vorgesehenen Öffnungen bringbar ist.

Dieses Einstellelement kann einerseits so ausgebildet sein, daß es in verschiedene diskrete Einstellpositionen einstellbar ist.

Alternativ dazu, ist es vorteilhaft, wenn das Einstellelement kontinuierlich einstellbar ist, so daß damit kontinuierlich die Querschnitte zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert variierbar sind.

Die Einstelleinrichtung kann so ausgebildet sein, daß sie manuell, beispielsweise mit einem entsprechenden Werkzeug, einstellbar ist.

26

Im Fall einer variablen Steuerung der Luftmenge ist es besonders vorteilhaft, wenn die Einstelleinrichtung über einen ansteuerbaren Stellantrieb einstellbar ist.

Hinsichtlich der Einstellbarkeit der Düse wurden bislang ebenfalls keine weiteren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die Düse eine Rücklaufdüse ist.

Eine derartige Rücklaufdüse läßt sich besonders einfach dadurch einstellen, daß dieser ein einstellbares Rücklaufventil zugeordnet ist, welches ermöglicht, den Rücklauf der Rücklaufdüse variabel einzustellen und somit auch die von der Düse abgegebene Brennstoffmenge einzustellen.

Im einfachsten Fall ist das Rücklaufventil so ausgebildet, daß mit diesem verschiedene Brennstoffmengen des Brennstoffstrahls fest einstellbar sind. Noch vorteilhafter ist es jedoch, wenn das Rücklaufventil kontinuierlich einstellbar ist, so daß eine kontinuierliche Einstellung und Anpassung der Brennstoffmenge möglich ist.

Insbesondere dann, wenn die Brennstoffmenge gesteuert werden soll, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß das Rücklaufventil mittels eines Stellantriebs einstellbar ist.

Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lösung sieht vor, daß der Brenner eine Steuerung aufweist, mit welcher die Brennstoffmenge und die Luftmenge des Brennluftstroms einstellbar sind. Mit einer derartigen Steuerung läßt sich insbesondere in einfacher Weise eine optimale Einstellung sowohl der Brennstoffmenge als auch der Brennluftmenge, insbesondere im Hinblick auf eine stöchiometrische oder nahstöchiometrische Verbrennung, erreichen.

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, daß die Steuerung den Stellantrieb des Rücklaufventils ansteuert.

Alternativ oder ergänzend dazu ist es vorteilhaft, wenn die Steuerung den Stellantrieb der Einstelleinrichtung ansteuert.

Im Fall einer Ansteuerung nur eines der beiden Stellantriebe ist es denkbar, die Einstellung der Brennstoffmenge oder der Luftmenge, oder umgekehrt, fest vorzugeben und über den Stellantrieb für die jeweils andere Größe eine Feineinstellung vorzunehmen. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Steuerung sowohl den Stellantrieb des Rücklaufventils als auch den Stellantrieb der Einstelleinrichtung ansteuert.

Ferner ist es vorteilhaft, insbesondere um eine vollständige Verbrennung des Brennstoffs zu gewährleisten, wenn der Steuerung eine eine vollständige Verbrennung erfassende Sonde zugeordnet ist.

28

Damit besteht zusätzlich noch die Möglichkeit, daß die Steuerung die Luftmenge und die Brennstoffmenge entsprechend einer stöchiometrischen oder nahstöchiometrischen Verbrennung einstellt.

Hinsichtlich der Vorgabe der Brennerleistung sind beim Vor- sehen einer erfindungsgemäßen Steuerung ebenfalls mehrere Möglichkeiten denkbar. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß der Steuerung Brennerleistungen fest vorgebbar sind. Alternativ dazu ist es denkbar, daß der Steuerung Brennerleistungen variabel vorgebbar sind.

Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel sieht vor, daß die Steuerung entsprechend einer vorgegebenen Leistung Brennstoffmenge und Luftmenge einerseits entsprechend dieser Leistung und andererseits hinsichtlich einer stöchiometrischen oder nahstöchiometrischen Verbrennung regelt.

Im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen wurde bislang davon ausgegangen, daß die Einstellbarkeit der Brennstoffmenge über die Düse durch ein und dieselbe Düse möglich ist.

Alternativ dazu sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die Brennstoffmenge dadurch einstellbar ist, daß der Brenner als Bausatz mit in dasselbe Brennergehäuse einsetzbaren unterschiedlichen Düsen ausgebildet ist. Die Einstellung der Brennstoffmenge erfolgt dadurch, daß jeweils die entsprechende Düse in den Brenner eingesetzt wird.

29

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, daß die Düsen alle im wesentlichen dasselbe Sprühbild und insbesondere eine im wesentlichen gleiche luftströmungsseitige Außenkontur aufweisen und lediglich unterschiedliche Brennstoffmengen abgeben.

Ferner sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel betreffend die Einstellung der Luftmenge vor, daß die Luftmenge derart einstellbar, daß der Brenner als Bausatz mit in dasselbe Brennergehäuse auswechselbar einsetzbaren Einstellteilen für die Luftmenge des Brennluftstroms ausgebildet ist. Durch das Vorsehen der unterschiedlichen Einstellteile ist somit eine Einstellung des Brennluftstroms möglich.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn mit den Einstellteilen der lokale Eintritt des Brennluftstroms in die Brennkammer ebenfalls einstellbar ist.

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, daß bei allen Einstellteilen mindestens ein Teilstrom des Brennluftstroms einstellbar ist.

Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn der Einströmort der Teilströme bei allen Einstellteilen derselbe ist.

Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel sieht vor, daß bei den Einstellteilen der, brennstoffstrahlnahe Teilstrom konstant ist, während der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom mit unterschiedlichen Einstellteilen auf unterschiedliche Werte einstellbar ist.

30

Hinsichtlich der konstruktiven Lösung ist bei einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel vorgesehen, daß der Bausatz für alle Brennerleistungen ein identisches Brennergehäuse umfaßt.

Insbesondere ist vorgesehen, daß der Bausatz für alle Brennerleistungen ein identisches Gebläse umfaßt.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn der Bausatz eine identische Brennkammer umfaßt.

Schließlich ist es vorteilhaft, wenn der Bausatz bei allen Brennerleistungen einen identischen Düsenstock umfaßt.

Weitere Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäß Lösung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung einiger Ausführungsbeispiele.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß Brenners;

Fig. 2 einen ausschnittsweisen Längsschnitt durch eine Düse des erfindungsgemäß Brenners;

Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung eines Frontbereichs der Düse gemäß Fig. 2;

31

Fig. 4 einen Schnitt längs Linie IV-IV in Fig. 3;

Fig. 5 einen Schnitt längs Linie V-V in Fig. 1 bei maximalem oder auf null reduziertem rezirkulationsstabilisierendem Teilstrom mit teilweise weggebrochener Einstellscheibe;

Fig. 6 einen Schnitt wie in Fig. 5 bei reduziertem rezirkulationsstabilisierendem Teilstrom mit teilweise weggebrochener Einstellscheibe;

Fig. 7 einen Schnitt wie in Fig. 5 bei minimalem rezirkulationsstabilisierendem Teilstrom;

Fig. 8 eine perspektivische Darstellung der Verhältnisse in der Brennkammer bei teilweise weggebrochenem Flammrohr;

Fig. 9 eine vergrößerte ausschnittsweise Darstellung des in Fig. 1 gezeigten Schnitts im Bereich der Blende, bei maximalem rezirkulationsstabilisierendem Teilstrom in der oberen und auf null reduziertem minimalem rezirkulationsstabilisierendem Teilstrom in der unteren Hälfte;

Fig. 10 einen Schnitt ähnlich Fig. 1 eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Brenners;

32

Fig. 11 einen Schnitt ähnlich Fig. 1 eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Brenners;

Fig. 12 einen Schnitt ähnliche Fig. 1 eines vierten Ausführungsbeispiels;

Fig. 13 einen Schnitt ähnlich Fig. 1 eines fünften Ausführungsbeispiels;

Fig. 14 einen Schnitt ähnlich Fig. 1 eines sechsten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Brenners;

Fig. 15 einen Schnitt längs Linie XII-XII in Fig. 14 bei maximalem rezirkulationsstabilisierendem Teilstrom und der zur Einstellung desselben vorgesehenen Blende;

Fig. 16 einen Schnitt wie in Fig. 15 bei eingesetzter Blende für einen reduzierten rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom; und

Fig. 17 einen Schnitt wie in Fig. 15 bei eingesetzter Blende für den minimalen, auf Null reduzierten rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom.

Ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brenners, dargestellt in Fig. 1, umfaßt ein als ganzes mit 10 bezeichnetes Brennergehäuse mit einem Stützrohr 12 und einem sich an dieses anschließenden Flammrohr 14.

33

In dem Stützrohr 12 ist in einem dem Flammrohr gegenüberliegenden Endbereich ein als ganzes mit 16 bezeichnetes Gebläse angeordnet, welches einen Gebläseantrieb 18 und ein Gebläserad 20 umfaßt. Dieses Gebläse 16 erzeugt einen das Stützrohr 12 durchsetzenden Luftstrom 22, welcher in Richtung des Flammrohrs 14 strömt.

Ferner ist in dem Stützrohr 12 ein als ganzes mit 24 bezeichneter Düsenstock angeordnet, welcher einen Düsenträger 26 mit einer in diesen eingeschraubten Düse 28 aufweist. Die Düse 28 ist dabei als nachfolgend noch im einzelnen beschriebene Rücklaufdüse ausgebildet und wird über eine Düsenzuleitung 30 mit flüssigem Brennstoff, insbesondere Öl, versorgt, während über eine Düsenrücklaufleitung 32 ein Teil des in der Düsenzuleitung 30 zugeführten Brennstoffs wieder zurückfließt, wobei eine Drosselung des Rücklaufs über ein in der Düsenrücklaufleitung 32 angeordnetes einstellbares Rücklaufventil 34 möglich ist.

Die Einspeisung des Brennstoffs in die Düsenzuleitung 30 erfolgt über eine Brennstoffförderpumpe 36, welche vorzugsweise von dem Antrieb 18 des Gebläses 16 mitangetrieben ist, insbesondere auf derselben Welle wie das Gebläserad 20 sitzt. Diese Brennstoffförderpumpe 36 wird über eine Pumpenzuleitung 38 mit Brennstoff gespeist und ist außerdem mit einer Rücklaufleitung 40 verbunden, in welcher überschüssiger Brennstoff von der Brennstoffförderpumpe 36 zurückfließt. In diese Rücklaufleitung 40 mündet auch die Düsenrücklaufleitung 32 nach dem Rücklaufventil 34.

34

Wie in Fig. 2, 3 und 4 dargestellt, umfaßt die Düse 28 einen Düsenkopf 50, welcher seinerseits auf einen Düsenkörper 52 aufgeschraubt ist, und einen Drallkörper 54 aufnimmt.

Der Düsenkopf 50 ist seinerseits ebenfalls noch in den Düsenträger 26 eingeschraubt, so daß der Düsenkörper 52 in einer Ausnehmung 56 des Düsenträgers 26 liegt, wobei die Ausnehmung 56 einen Brennstoffzufuhrbereich 58 bildet, welcher mit der Düsenzuleitung 30 verbunden ist und einen Rücklaufbereich 60, welcher mit der Düsenrücklaufleitung 32 verbunden ist.

Der in dem Brennstoffzufuhrbereich 58 eintretende Brennstoff durchströmt vorzugsweise ein Filter 62 und strömt dann über zwei einander gegenüberliegende Einlaufkanäle 64 des Düsenkörpers 52 in weiterführende Einlaufkanäle 66 im Drallkörper 54 und von diesen, wie in Fig. 3 dargestellt, in einen ringförmigen Einlaufraum 68 des Drallkörpers 54, welcher durch ein den Drallkörper 54 stirnseitig abschließendes Abstützplättchen 70 verschlossen ist. Von dem ringförmigen Einlaufraum 68 tritt der Brennstoff über Drallkanäle 72 in einen radial innerhalb des ringförmigen Einlaufraums 68 liegenden Drallraum 74 ein, in welchem sich eine entsprechend der Ausrichtung der Drallkanäle 72 umlaufende Drallströmung ausbildet und von diesem Drallraum 72 tritt der Brennstoff über einen ringförmig umlaufenden Spalt 76 in eine Abspritzbohrung 78 ein, aus welcher ein kegelförmiger Brennstoffstrahl 80 austritt.

Der Abspritzbohrung 78 gegenüberliegend ist in dem Drallkörper 54 ein Rücklaufkanal 82 angeordnet, welcher den Drallkörper 54 durchsetzt und in einen im Düsenkörper 52 angeordneten Rücklaufkanal 84 übergeht, der dann schließlich in den Rücklaufbereich 60 der Ausnehmung 56 mündet, welcher dann seinerseits wiederum mit der Düsenrücklaufleitung 32 in Verbindung steht.

Weitere Einzelheiten der erfindungsgemäß verwendeten Düse 28 ergeben sich aus dem deutschen Patent 42 15 122, auf welches in diesem Zusammenhang vollinhaltlich Bezug genommen wird.

Der Düsenstock 24 mitsamt der Düse 28 ist innerhalb des Stützrohrs 12 in einer Vorkammer 48 angeordnet, welche ebenfalls von dem Luftstrom 22 durchsetzt ist.

Die Vorkammer 48 wird abgeschlossen durch eine als ganzes mit 90 bezeichnete und in das Stützrohr 12 eingesetzte Blende, an welche sich stromabwärts der Düse 28 gelegen eine Brennkammer 92 anschließt, die von dem Flammrohr 14 umschlossen ist. Auch das Flammrohr 14 ist vorzugsweise an dem Stützrohr 12 gehalten.

Die Blende 90 ist so angeordnet, daß die Abspritzbohrung 78 mit einer Düsenöffnung nahe bei oder in der Ebene 89 der Blende 90 liegt und der bei der Düse 28 austretende Brennstoffstrahl 80 sich im wesentlichen vollständig in der Brennkammer 92 ausbreitet.

36

Hierzu ist die Blende 90 mit einer koaxial zur Längsachse 86 der Düse 28 angeordneten Einströmöffnung 94 versehen. Die Einströmöffnung 94 ist ferner so groß gewählt, daß zwischen einem Rand 96 der Einströmöffnung 94 und einer diesem Rand 96 zugewandten Außenseite 98 des Düsenkopfs 50 ein ringförmiger Durchlaß 100 verbleibt, durch welchen ein brennstoffstrahl-naher Teilstrom 102 eines insgesamt von der Vorkammer 48 in die Brennkammer 92 einströmenden Brennluftstroms hindurch-tritt.

Um die Strömungsgeschwindigkeit in dem Teilstrom 102 zu reduzieren, ist der Rand 96 der Einströmöffnung 94 noch mit einer Wirbelkante 104 versehen, welche zur Wirbelbildung im Teilstrom 102 führt und beispielsweise durch eine stufenförmige Querschnittsverengung der Einströmöffnung 94 gebildet ist.

Ein weiterer Teilstrom 106 des von der Vorkammer 48 in die Brennkammer 92 eintretenden Brennluftstroms tritt durch radial außerhalb der Einströmöffnung 94 in einem Kreisring-bereich 108 angeordnete Öffnungen 110 hindurch, welche auf einem Teilkreis 109 vorzugsweise in gleichen Winkelabständen und mit Zwischenräumen 111 um den Mittelpunkt des Kreisring-bereichs 108 angeordnet sind.

Vorzugsweise haben die Öffnungen 110 bezogen auf den Teilkreis 109 eine Erstreckung in Azimutalrichtung welche einem Winkel entspricht, der ungefähr das Ein- bis Zweifache des der Erstreckung der Zwischenräume 111 entsprechenden Winkels beträgt.

37

Die Öffnungen 110 können sich jedoch in Azimutalrichtung über einen Winkel erstrecken, der das ungefähr 0,1- bis ungefähr 8-fache des Winkel der Erstreckung der Zwischenräume 111 entspricht.

Die Öffnungen 110 sind dabei so angeordnet, daß der Teilstrom 106 des Brennluftstroms durch die Zwischenräume 111 zwischen den Öffnungen 110 in Form eines jeweils in Umfangsrichtung unterbrochenen Ringstroms entsprechenden Strömungsbildes in die Brennkammer 92 eintritt und damit jeweils die Ausbildung einer inneren Rezirkulationsströmung 112 und auch einer äußeren Rezirkulationsströmung 119 in der Brennkammer 92 stabilisiert, so daß eine Flammenwurzel 114 einer sich in der Brennkammer 92 ausbildenden Flamme 116 im wesentlichen im selben Abstand von der Blende 90 steht, unabhängig von einer vom Brennstoffstrahl 80 mitgeführten Brennstoffmenge und einer entsprechenden durch die Teilströme 102 und 106 in die Brennkammer 92 eintretenden entsprechenden Brennluftmenge.

Die erfindungsgemäßen Strömungen in der Brennkammer 92, dargestellt in Fig. 8 umfassen, somit den vollkegelförmigen Brennstoffstrahl 80 zylindrisch umschließende brennstoffstrahlnahen Teilstrom 102, welcher mit einer Strömungsrichtung 103 in die Brennkammer 92 eintritt, welche parallel zu einer Strömungsrichtung 79 des Brennstoffstrahls 80 verläuft. Ferner den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom 106 welcher mit einer zur Strömungsrichtung 79

38

parallelen Strömungsrichtung 107 in Form von Einzelströmen 105 in die Brennkammer 92 eintritt, wobei die Einzelströme 105 auf einem Kreiszylinder liegen, der im Querschnitt auf der Blende 90 die Form des Kreisringbereichs 108 aufweist und durch den mantelmittig liegenden Teilkreis 109 festgelegt ist.

Die Flammenwurzel 114 schließt sich ihrerseits an einen nichtbrennenden Teil 81 des Brennstoffstrahls 80, welcher eine Länge von ungefähr 1 bis ungefähr 4 cm, vorzugsweise ungefähr 1 bis ungefähr 3 cm aufweist, an und von dieser ausgehend breitet sich die Flamme 116 aus, die sich an einem Innenwandbereich 15 des Flammrohrs 14 anlegt, bevor sie dieses verlässt.

Der Bereich der Brennkammer 92 von der Blende 90 bis zum Innenwandbereich 15 an dem sich die Flamme 116 anlegt, bildet einen sogenannten Rezirkulationsraum 91. In diesem strömt einerseits in Form einer inneren Rezirkulation 112 heißes Gas zwischen dem Flammrohr 14 und dem Teilstrom 106 zurück in Richtung zur Blende 90 und vor der Blende 90 nach innen zwischen den Einzelströmen 105 hindurch in Richtung des nichtbrennenden Teils 81 des Brennstoffstrahls 80 um den nichtbrennenden Brennstoff auf dem Weg zur Flammenwurzel 115 und auch die Brennluft aufzuheizen.

Zusätzlich tritt über nach der Blende 90 im Flammrohr 14 angeordnete äußere Rezirkulationsöffnungen 118 kaltes Verbrennungsgas aus dem jeweiligen Kessel in Form der äußeren

39

Rezirkulationsströmung 119 in den Rezirkulationsraum 91 blendennah ein und verhindert im wesentlichen eine Berührung zwischen den heißen Gasen der inneren Rezirkulationsströmung 112 und der kalten Blende 90.

Die äußere Rezirkulationsströmung 118 tritt ferner blendennah zwischen den Einzelströmen 105 hindurch und vermischt sich dann mit dem Brennluftstrom 102, 106 um den durch das Flammrohr 14 hindurchtretenden Massenstrom so weit zu erhöhen, daß die Flammenwurzel 114 in einem konstanten Abstand von mindestens 2 cm von der Blende 90 und somit auch von der Düse 28 stehen bleibt, daß der nichtbrennende Teil 81 des Brennstoffstrahls 90 lang genug ist, um die Öltröpfchen in demselben annähernd vollständig zu verdampfen.

Vorzugsweise ist die Summe der Flächen der für den Eintritt des Brennluftstroms in die Brennkammer vorgesehenen Öffnungen, insbesondere die Summe der Flächen Öffnungen 110 und der Einströmöffnung 94, so bemessen, daß sie maximal ungefähr der Summe der Flächen der Rezirkulationsöffnungen für die äußere Rezirkulation, insbesondere der Summe der Flächen der als in Umfangsrichtung langgezogenen Schlitze ausgebildeten äußeren Rezirkulationsöffnungen 118, entspricht.

Das Verhältnis der Fläche der Rezirkulationsöffnungen 118 zur Fläche der zentralen Einströmöffnung 94 liegt zwischen ungefähr 0,3 bis ungefähr 19,2, bevorzugt zwischen ungefähr 0,9 und 5,1. An den Rezirkulationsraum 91 schließt sich dann der Flammraum 117 an.

## 40

Vorzugsweise ist bei dem in Fig. 1 bis 9 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel der brennstoffstrahlnahe Teilstrom 102 so ausgebildet, daß dieser bei der kleinsten Brennerleistung die entsprechende Rezirkulationsströmung ohne den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom 106 stabilisiert (Fig. 9 untere Hälfte) und bei großen Brennerleistungen dann der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom 106 die Stabilisierung übernimmt (Fig. 9 obere Hälfte), die der brennstoffstrahlnahe Teilstrom 102 nicht mehr leisten kann.

Bei anderer Dimensionierung des Brenners ist es auch möglich, bei der kleinsten Leistung sowohl den brennstoffstrahlnahen Teilstrom 102 als auch einen minimalen rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom 106 vorzusehen.

Eine derartige Stabilisierung der Rezirkulationsströmungen 112 und 119 ist insbesondere dann erreichbar, wenn ein beispielsweise dem Innendurchmesser des Flammrohrs entsprechender Außendurchmesser des Rezirkulationsraums 91 der Brennkammer 92 das ungefähr 1,5- bis ungefähr 3,9-fache, noch besser das ungefähr zwei- bis dreifache des Durchmessers eines Teilkreises 109 des Kreisringbereichs 108 beträgt, noch vorteilhafter ist es, wenn der Innendurchmesser des Rezirkulationsraums 91 der Brennkammer 92 das ungefähr 2,2- bis ungefähr 2,6-fache, noch besser das ungefähr 2,2- bis ungefähr 2,5-fache des Durchmessers des Teilkreises 109 beträgt.

41

Das Verhältnis des Durchmessers des Teilkreises 109 zum Durchmesser der zentralen Einströmöffnung 94 liegt zwischen ungefähr 1,0 und ungefähr 4,2 bevorzugt ungefähr 2,6 bis ungefähr 4,0, noch besser ungefähr 2,8 bis ungefähr 3,5 und vorzugsweise zwischen ungefähr 1,82 und ungefähr 2,0.

Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die zentrale Einströmöffnung 94 so dimensioniert ist, daß ein Außendurchmesser des Rezirkulationsraums 91 der Brennkammer 92 das ungefähr 3,4-bis ungefähr 8,5-fache, noch besser das ungefähr 4- bis ungefähr 6-fache, noch besser das ungefähr 4,4- bis ungefähr 5,9-fache des Durchmessers der zentralen Einströmöffnung 94 beträgt.

Die Durchmesserverhältnisse, bei welchen der erfindungsgemäße einstellbare Blaubrenner in allen Leistungsbereichen noch arbeitet, sind in Tabelle I zusammengefaßt, wobei der dem Außendurchmesser des Rezirkulationsraums 91 entsprechende Innendurchmesser des Flammrohrs mit "Flammrohr (14)", der Durchmesser des Teilkreises mit "Teilkreis (109)" und der Durchmesser der Einströmöffnung mit "Einströmöffnung (94)" bezeichnet sind.

Bevorzugte Bereiche der Durchmesserverhältnisse, gestaffelt nach einzelnen Brennerleistungen, zeigt Tabelle II, wobei der Brenner bei diesen Durchmesserverhältnissen mit geringen Emissionen arbeitet. Optimale Emissionswerte sind ungefähr bei den in Tabelle III und IV angegebenen Durchmesserverhältnissen erhältlich.

42

Zur Anpassung der Brennluftmenge des Brennluftstroms an unterschiedliche Brennerleistungen ist eine als ganzes mit 120 bezeichnete Einstelleinrichtung vorgesehen, welche, wie in Fig. 5 bis 7 dargestellt, eine kreisringförmig ausgebildete Einstellscheibe 122 umfaßt, welche mit den Öffnungen 110 identische Öffnungen 124 aufweist, die ebenfalls in den gleichen Winkelabständen wie die Öffnungen 110 und in demselben radialen Abstand von einer Mitte des Kreisringbereichs 108 angeordnet sind. Die kreisringförmige Einstellscheibe 122 liegt ihrerseits, wie in Fig. 9 vergrößert dargestellt, in einer in der Blende 90 vorgesehenen zylinderscheibenförmigen Vertiefung 126, welche zur Vorkammer 48 hin offen ist. Die drehbare Führung der Einstellscheibe erfolgt über die Lagerung derselben mit ihrem Außenrand 128 an einem zylinderförmigen Rand 130 der Vertiefung 126.

Die Einstellscheibe 122 ist dabei so einstellbar, daß, wie in Fig. 5 bis 7 dargestellt, entweder die Öffnungen 124 deckungsgleich mit den Öffnungen 110 liegen, so daß der maximale Querschnitt für den die einzelnen Öffnungen 110 ersetzenen Teilstrom 106 zur Verfügung steht, oder so verdrehbar, daß die Öffnungen 124 nicht mehr deckungsgleich zu den Öffnungen 110 liegen und lediglich die einander überlappenden Bereiche der Öffnungen 110 und 124 den Teilstrom 106 passieren lassen, so daß die Luftmenge des Teilstroms 106 reduziert ist, wie in Fig. 6 dargestellt. Der Teilstrom 106 kann, wie in Fig. 7 dargestellt, völlig unterbrochen werden, nämlich dann, wenn die Öffnungen 124 auf Lücke zwischen den Öffnungen 110 stehen.

43

Zur Verdrehung der Einstellscheibe 122 ist diese in einem Teilbereich ihres Außenrandes mit einer Verzahnung 132 versehen, in welche eine Verzahnung 134 eines als ganzes mit 136 bezeichneten Einstellritzels der Einstelleinrichtung 120 eingreift. Dieses Einstellritzel ist seinerseits drehbar an der Blende 90 gelagert, und im einfachsten Fall in einer weiteren zylinderförmigen Lagervertiefung 138 in der Blende 90 gelagert, wobei die drehbare Lagerung durch das Anliegen der Verzahnung 134 an zylindrischen Wandflächen 140 der Lagervertiefung 138 erfolgt. Dabei öffnet sich die Lagervertiefung 138 zur Vorkammer 48 hin.

Sowohl die Einstellscheibe 122 als auch das Einstellritzel 136 sind in ihren jeweiligen Vertiefungen 126 bzw. 138 durch in Fig. 9 zeichnerisch nicht dargestellte Fixierelemente gehalten, so daß sie jeweils bodenseitig an den Vertiefungen anliegen.

Im Fall des ersten Ausführungsbeispiels ist das Einstellritzel 136 beispielsweise selbsthemmend in der Lagervertiefung 138 gelagert und beispielsweise mit einem Schlitz 142 versehen, welcher es ermöglicht, mit einem üblichen Schraubendreher das Einstellritzel 136 zu verdrehen, so daß damit auch eine Einstellung der Einstellscheiben 122 möglich ist, wobei die jeweiligen Einstellungen der Einstellscheiben 122 durch das selbsthemmende Einstellritzel 136 aufrechterhalten werden.

44

Das erste Ausführungsbeispiel funktioniert nun so, daß bei unterbrochenem Teilstrom 106 als Brennluftmenge lediglich die vom Teilstrom 102 durch den Durchlaß 100 in die Brennkammer 92 einströmende Brennluft zur Verfügung steht. Entsprechend dieser Luftmenge erfolgt eine Einstellung der von der Düse 28 in den Brennstoffstrahl 80 abgegebenen Brennstoffmenge, wobei die Brennstoffmenge so eingestellt wird, daß die Flamme 116 blau brennt und sich eine stöchiometrische oder nahstöchiometrische Verbrennung einstellt. Diese Einstellung der Brennstoffmenge erfolgt über die Einstellung des Rücklaufventils 34 und somit über den über die Düsenrücklaufleitung 32 in die Rücklaufleitung 40 von der Düse 28 zurücklaufenden Brennstoffstrom.

Bei größeren Leistungen kann durch Verstellung der Einstellscheibe 122 zusätzlich zum brennstoffstrahlnahen Teilstrom 102 des Brennluftstroms der Teilstrom 106 beitragen, wobei dieser Teilstrom 106 bei höheren Brennerleistungen die Rezirkulationsströmung 112 zusätzlich stabilisiert. Bei maximaler Brennluftmenge im Teilstrom 106 steht für den Eintritt des Brennluftstroms von der Vorkammer 48 in die Brennkammer 92 die ungefähr 5-fache Querschnittsfläche zur Verfügung als bei vollständig unterbundenem Teilstrom 106.

Eine Nachstellung der von der Düse 28 in den Brennstoffstrahl 80 abgegebenen Brennstoffmenge erfolgt durch die bereits erwähnte Einstellung des Rücklaufventils 34 mit entsprechender Drosselung des von der Düse 28 zurücklaufenden Brennstoffs.

45

Bei allen Leistungseinstellungen des erfindungsgemäßen Brenners ist ein Abstand der Flammenwurzel 114 der Flamme 116 von der Blende 90 im wesentlichen konstant und es ist bei allen Leistungseinstellungen des Brenners ein Blaubrennen der Flamme 116 mit im wesentlichen stöchiometrischer oder nahstöchiometrischer Verbrennung einstellbar.

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brenners, dargestellt in Fig. 10, sind diejenigen Teile, die mit dem ersten Ausführungsbeispiel identisch sind, mit denselben Bezugszeichen versehen. Hinsichtlich der Beschreibung dieser Teile kann somit auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel voll inhaltlich Bezug genommen werden.

Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel, welches keinerlei zusätzliche Strömungs-Führungselemente in der Brennkammer 92 aufweist, ist bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ein Strömungsführungsring 150 vorgesehen, welcher im Abstand von der Blende 90 angeordnet ist, und sich mit seiner Vorderkante 152 bis maximal bis zu einem Viertel eines Abstandes zwischen der Blende 90 und dem Fußbereich 114 der Flamme 116 erstreckt. Ferner ist der Strömungsführungsring 150 mit einer der Blende 90 zugewandten Hinterkante 154 im Abstand von der Blende 90 angeordnet, so daß die Rezirkulationsströmung 112 zwischen der in der Kante 154 und einer Vorderseite 156 der Blende 90 von seiten der Blende 90 in den Strömungsführungsring 150 eintreten kann. Der

46

Strömungsring 150 dient dabei ebenfalls noch zu einer zusätzlichen Stabilisierung der Rezirkulationsströmung 112, wobei ein signifikanter Abstand zwischen der Vorderkante 152 und dem Fußbereich 114 der Flamme 116 erforderlich ist, um bei unterschiedlichen Leistungseinstellungen des erfindungsgemäßen Brenners die Ausbildung einer starken Rezirkulationsströmung 112 zu gewährleisten und die Wirkung des rezirkulationsstabilisierenden Teilstroms 106 zu unterstützen.

Vorzugsweise ist der Strömungsführungsring 150 mit Stegen 158 an der Blende 90 gehalten.

Bei einem dritten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brenners, dargestellt in Fig. 11, sind diejenigen Teile, die mit dem ersten Ausführungsbeispiel identisch sind, mit demselben Bezugszeichen versehen, so daß hinsichtlich der Beschreibung dieser Teile ebenfalls vollinhaltlich auf die Ausführung zum ersten Ausführungsbeispiel Bezug genommen werden kann. Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel ist hier für die Einstellung des Rücklaufventils 34 ein Stellantrieb 160 vorgesehen und für die Einstellung des Einstellritzels 136 ein Stellantrieb 162, welche beide über eine gemeinsame Steuerung 164 ansteuerbar sind.

Dieser Steuerung 164 sind über einen Eingang 166 Leistungseinstellungen des erfindungsgemäßen Brenners vorgebaut, wobei die Steuerung 164 zu jeder Leistungseinstellung am Eingang 166 die entsprechende Einstellung des

47

Rücklaufventils 34 und des Stellantriebs 162 der Einstell-einrichtung 120 vornimmt. Beispielsweise ist dies durch in einem Speicher der Steuerung 164 festvorgebbare Stellungen der Stellantriebe 160 und 162 durchführbar.

Um zusätzlich sicherzustellen, daß die Flamme 116 als blau-brennende Flamme den Brennstoff stöchiometrisch oder nahstöchiometrisch verbrennt, ist zusätzlich noch eine Lambdasonde 168 im Abgasstrom der Flamme 116 angeordnet, welche ebenfalls mit der Steuerung 164 verbunden ist, so daß die Steuerung 164 nach Grobeinstellungen der Leistung über die Stellantriebe 160 und 162 noch zusätzlich in der Lage ist, eine Feineinstellung entweder der Brennluftmenge oder der Brennstoffmenge vorzunehmen, um stöchiometrische oder nahstöchiometrische Verbrennungsbedingungen einzuhalten.

Die Steuerung 164 ist im einfachsten Fall so aufgebaut, daß über einen Einstellgeber, beispielsweise manuell, die jeweils gewünschten Leistungen des erfindungsgemäßen Brenners einstellbar sind.

In einer verbesserten Ausführungsform des dritten Ausführungsbeispiels ist die Steuerung 164 so ausgebildet, daß über eine Gesamtsteuerung einer Anlage, beispielsweise einer Heizanlage, in welche der erfindungsgemäße Brenner integriert ist, eine Vorgabe für die jeweils erforderliche Leistung des erfindungsgemäßen Brenners erfolgt, so daß die Steuerung 164

dann je nach angeforderter Leistung des erfindungsgemäßen Brenners die Stellantriebe 160 und 162 entsprechend einstellt und eine Feineinstellung aufgrund der Meßwerte der Lambdasonde 168 vornimmt.

Bei einem vierten Ausführungsbeispiel, dargestellt in Fig. 12, sind diejenigen Teile, die mit den vorstehenden Ausführungsbeispielen identisch sind, mit denselben Bezugszeichen versehen, so daß bezüglich deren Beschreibung auf die Ausführungen zu diesen Ausführungsbeispielen vollinhaltlich Bezug genommen wird.

Im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungsbeispielen ist das Flammrohr 14 im Bereich des auf den Rezirkulationsraum 91 folgenden Flammraums 117 radial über seine Länge bis zum vorderen Ende 170 verengt, so daß der Innenwandbereich 15 an dem die Flamme 116 anliegt bereits radial nach innen versetzt ist.

Dieses Flammrohr erlaubt es insbesondere bei kleinen Brennerleistungen, vorzugsweise kleiner 20 kW, eine stabil im Flammrohr 14 stehende Flamme 116 zu erhalten. Ferner verhindert diese Geometrie ein unerwünschtes Einziehen von Rauchgasen vom vorderen Ende des Flammrohres 14.

Bei einem fünften Ausführungsbeispiel, dargestellt in Fig. 13, wird, in gleicher Weise wie beim vierten Ausführungsbeispiel, bezüglich der mit denselben Bezugszeichen versehenen Teile auf die voranstehenden Ausführungen Bezug genommen.

49

Im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungsbeispielen erfolgt ein Verschließen der Öffnungen 110 mittels konischer Stopfen 172 welche an Stäben 174 gehalten und in axialer Richtung des Stützrohrs 12 beweglich über eine Führung 176 am Düsenstock 24 im Stützrohr 12 geführt sind. Je nach dem, wie weit die konischen Stopfen 172 in die Öffnungen 110 hineinragen, ist eine Reduzierung der Querschnittsfläche jeder Öffnung 110 möglich.

Bei einem sechsten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brenners, dargestellt in Fig. 14, sind diejenigen Teile, die mit denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels identisch sind, mit denselben Bezugssymbolen versehen, so daß bezüglich dieser Teile ebenfalls auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel vollinhaltlich Bezug genommen werden kann.

Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel ist bei dem sechsten Ausführungsbeispiel, dargestellt in den Fig. 14 bis 17, ebenfalls eine Leistungseinstellung möglich, jedoch ist bei diesem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäße Brenner in Form eines Bausatzes aufgebaut. Anstelle einer als Rücklaufdüse ausgebildeten Düse 28 mit einer Düsenrücklaufleitung 32 und einem in dieser vorgesehenen Rücklaufventil 34 zur Einstellung des Brennstoffstroms sind ein Satz von mehreren Düsen 228 vorgesehen, welche jeweils das gleiche Sprühbild und dieselbe luftströmungsseitige

50

Außenkontur und somit die gleiche Form des Brennstoffstrahls 80, jedoch bei unterschiedlichen Brennstoffmengen liefern. Bei diesen Düsen 228 erfolgt die Brennstoffzufuhr über die Brennstoffförderpumpe 36 und die Düsenzuleitung 30, eine Düsenrücklaufleitung 32 erübrigt sich jedoch.

Die jeweils unterschiedlichen Düsen 228 entsprechen dabei unterschiedlichen Leistungen des erfindungsgemäßen Brenners.

Zur Anpassung des Brennluftstroms an die unterschiedlichen Brennstoffmengen der unterschiedlichen Düsen 228 sind mehrere Blenden 290a bis 290c vorgesehen, wobei die Blende 290a der die größte Brennstoffmenge abgebenden Düse 228, die Blende 290c der die kleinste Brennstoffmenge abgebenden Düse zugeordnet ist und die Blende 290 b einer Düse 228 zugeordnet ist, deren Brennstoffmenge zwischen der maximalen und der minimalen Brennstoffmenge liegt.

Die Blenden 290a bis c unterscheiden sich in dem Querschnitt der für den Teilstrom 106 vorgesehenen Öffnungen 210, nicht jedoch hinsichtlich deren Lage, wobei die Öffnungen 210a mit den Öffnungen 110 hinsichtlich des Gesamtquerschnitts der Öffnungen identisch sind, während die Öffnungen 210b einen Gesamtquerschnitt zeigen, welcher einer Zwischeneinstellung, beispielsweise dargestellt in Fig. 6, entspricht und somit auch einer Zwischenleistung der entsprechenden Düse 228. Bei der Blende 290c fehlen die Öffnungen 210 gänzlich, so daß

dieser der in Fig. 7 dargestellten Stellung der Einstelleinrichtung 120 entspricht, in welcher der Teilstrom 106 völlig unterbunden ist und der Brennluftstrom lediglich durch den Teilstrom 102 gebildet wird.

Je nach in dem Düsenstock 24 montierter Düse 228 ist eine der Blenden 290a bis 290c in das Stützrohr 12 einzubauen, wobei bei dem vierten Ausführungsbeispiel die Blenden 190 herausnehmbar im Stützrohr gehalten sind. Hierzu ist beispielsweise an dem Düsenstock 24 mittels eines Halterings 292 ein Dreibein 294 gehalten, welches die jeweilige Blende 290 auf ihrer der Vorkammer 48 zugewandten Seite 296 beaufschlagt und diese gegen einen Dichtungsring 298 in Richtung des Flammrohrs 14 drückt. Dabei ist der Düsenstock 26 als Ganzes in Richtung einer Längsachse 300 des Stützrohrs 12 verschieblich und mit einer in Fig. 14 nicht dargestellten Feder in Richtung des Flammrohrs 12 beaufschlagt. Somit ist ein Herausnehmen der Blende 290 in Richtung der Vorkammer 48 möglich, während die Blende 290 in Richtung des Flammrohrs 14 durch das beispielsweise als Dichtungsring 298 ausgebildete Widerlager fixiert ist.

Ferner ist die Brennkammer 92 in gleicher Weise wie vorzugsweise im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt, frei von mechanischen Strömungsführungselementen ausgebildet, so daß bei Einbau der der jeweiligen Leistung entsprechenden Düse 228 und der jeweils entsprechenden Blende 290 ebenfalls eine stabile Ausbildung

52

der jeweils geeigneten Rezirkulationsströmung 112 gewährleistet ist und ebenfalls gewährleistet ist, daß die Flamme 116 als blaubbrennende Flamme eine stöchiometrische oder nahstöchiometrische Verbrennung liefert. Ferner ist durch die entsprechend für den Teilstrom 106 zur Verfügung gestellten Querschnitte der Öffnungen 210 eine dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechende Funktion sichergestellt.

53

Tabelle I

| Leistung  |            |
|---|------------|
| 1 <u>Teilkreis (109)</u><br><u>Einströmöffnung (94)</u>     | 1,0 - 4,2  |
| 2 <u>Flammrohr (14)</u><br><u>Teilkreis (109)</u>           | 1,7 - 3,9  |
| 3 <u>Flammrohr (14)</u><br><u>Einströmöffnung (94)</u>      | 3,4 - 8,5  |
| 4 <u>Schlitzfläche (118)</u><br><u>Einströmöffnung (94)</u> | 0,3 - 19,2 |

Tabelle II

| Leistung   | 4-10 kW   | 10-20 kW  | 20-30 kW  | 30-40 kW  | 40-50 kW  | 50-60 kW  | 60-70 kW  | 70-80 kW  | 80-90 kW  | 90-100 kW |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 <u>Teilkreis (109)</u><br>Einstromöffnung (94)     | 1,8 ± 20% | 1,8 ± 20% | 2,3 ± 20% | 2,3 ± 20% | 2,3 ± 20% | 2,0 ± 20% | 2,0 ± 20% | 1,8 ± 20% | 1,8 ± 20% | 1,8 ± 20% |
| 2 <u>Flammrohr (14)</u><br>Teilkreis (109)           | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% | 2,4 ± 15% |
| 3 <u>Flammrohr (14)</u><br>Einstromöffnung (94)      | 4,4 ± 20% | 4,4 ± 20% | 5,9 ± 20% | 5,5 ± 20% | 5,5 ± 20% | 4,4 ± 20% | 4,4 ± 20% | 3,5 ± 20% | 3,5 ± 20% | 3,3 ± 20% |
| 4 <u>Schlitzfläche (118)</u><br>Einstromöffnung (94) | 0,9 ± 20% | 2,0 ± 20% | 5,0 ± 20% | 5,7 ± 20% | 4,1 ± 20% | 4,3 ± 20% | 3,8 ± 20% | 3,8 ± 20% | 3,5 ± 20% | 3,5 ± 20% |

55

Tabelle III

| Leistung   | 4-10 kw | 10-20 kw | 20-30 kw | 30-40 kw | 40-50 kw | 50-60 kw |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 <u>Teilkreis (109)</u><br>Einstromöffnung<br>(94)        | 1,8     | 1,8      | 2,5      | 2,5      | 2,0      | 2,0      |
| 2 <u>Flammrohr (14)</u><br>Teilkreis (109)                 | 2,4     | 2,4      | 2,3      | 2,3      | 2,2      | 2,2      |
| 3 <u>Flammrohr (14)</u><br>Einstromöffnung<br>(94)         | 4,4     | 4,4      | 5,9      | 5,9      | 4,4      | 4,4      |
| 4 <u>Schlitzfläche</u><br>(118)<br>Einstromöffnung<br>(94) | 0,9     | 2,1      | 5,0      | 5,8      | 4,1      | 5,0      |

56

Tabelle IV

| Leistung   | 4-10 | 10-20 kW | 20-30 kW | 30-40 kW | 40-50 kW | 50-60 kW |
|--|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 <u>Teilkreis (109)</u><br>Einstromöffnung (94)     | 1,82 | 1,82     | 2,69     | 2,69     | 2,00     | 2,0      |
| 2 <u>Flammrohr (14)</u><br>Teilkreis (109)           | 2,47 | 2,47     | 2,20     | 2,20     | 2,20     | 2,20     |
| 3 <u>Flammrohr (14)</u><br>Einstromöffnung (94)      | 4,48 | 4,48     | 5,92     | 5,92     | 4,40     | 4,40     |
| 4 <u>Schlitzfläche (118)</u><br>Einstromöffnung (94) | 0,93 | 2,09     | 5,00     | 5,83     | 4,17     | 5,08     |

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

## 1. Brenner für flüssige Medien umfassend

ein Brennergehäuse (10), welches ein Stützrohr (12) und ein sich daran anschließendes Flammrohr (14) aufweist,

einen in dem Stützrohr (12) in einer Vorkammer (48) angeordneten Düsenstock (24) mit einer einen Brennstoffstrahl (80) erzeugenden Düse (28),

eine in dem Flammrohr (14) angeordnete, im wesentlichen mischrohrfreie Brennkammer (92), in welcher sich der Brennstoffstrahl (80) ausbreitet,

ein Trennelement (90) zwischen der Vorkammer (48) und der Brennkammer (92) mit einer zentralen Öffnung (94) durch welche der Brennstoffstrahl (80) hindurchtritt,

ein Gebläse (16) zur Erzeugung eines in die Brennkammer (92) eintretenden Brennluftstroms, welcher einen brennstoffstrahlnahen Teilstrom (102) umfaßt,

wobei in der Brennkammer (92) der Brennstoff mit einer blaubrennenden Flamme (116) im wesentlichen stöchiometrisch oder nahstöchiometrisch verbrennt,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß in die Brennkammer (92) zusätzlich zum brennstoffstrahl-nahen Teilstrom (102) ein gegenüber

diesem in definiertem Abstand radial außenliegender rezirkulationsstabilisierender Teilstrom (106) von Brennluft eintritt, daß sich in der Brennkammer (92) eine von der blaubrennenden Flamme (116) zum nicht-brennenden Teil (81) des Brennstoffstrahls (80) zurück-verlaufende innere Rezirkulationsströmung (112) ausbildet und daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom (106) der Brennluft die innere Rezirkulationsströmung (112) stabilisiert.

2. Brenner nach dem Oberbegriff des Anspruch 1 oder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Brennergehäuse Öffnungen (118) vorgesehen sind, durch welche eine kalte Verbrennungsgase führende äußere Rezirkulationsströmung (119) in die Brennkammer (92) eintritt, daß die äußere Rezirkulationsströmung (119) nahe des Trennelements (90) in die Brennkammer (92) eintritt und so groß ist, daß eine Flammenwurzel (114) der blau-brennenden Flamme (116) einen Abstand von mindestens 1 cm von der Düse (28) aufweist, und daß sich zwischen der Düse (28) und der Flammenwurzel (114) ein nicht-brennender Teil (81) des Brennstoffstrahl (80) unter Zumischung von Brennluft (102, 106) kegelförmig ausbreitet.
3. Brenner nach dem Oberbegriff des Anspruch 1 oder nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Brennergehäuse (10) Öffnungen (118) vorgesehen sind, durch welche eine äußere kalte Verbrennungsgase

59

führende Rezirkulationsströmung (119) in die Brennkammer (92) eintritt, daß die äußere Rezirkulationsströmung (119) nahe des Trennelements (90) in die Brennkammer (92) eintritt und daß diese eine innere Rezirkulationsströmung (112) gegenüber dem Trennelement (90) abschirmt, welche sich als in der Brennkammer (92) von der blaubbrennenden Flamme (116) zum nichtbrennenden Teil (81) des Brennstoffstrahls (80) zurück verlaufende Strömung ausbildet.

4. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die innere Rezirkulationsströmung (112) von der Flamme (116) ausgehend auf einer Innenseite des Flammrohrs (14) in Richtung des Trennelements (90) strömt.
5. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Rezirkulationsströmung (112) gelbbrennend ist.
6. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Rezirkulationsströmung (112) durch den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom (106) hindurchtritt.
7. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom (106) im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung (79) des Brennstoffstrahls (80) in die Brennkammer (92) eintritt.

60

8. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilströme (102, 106) unabhängig von der eingestellten Luftmenge an jeweils demselben Ort in die Brennkammer (92) eintreten.
9. Brenner nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der Luftmenge mindestens einer der Teilströme (102, 106) zur Anpassung an die Brennstoffmenge einstellbar ist.
10. Brenner nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom (106) hinsichtlich der Luftmenge einstellbar ist.
11. Brenner nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftmenge im rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom (106) bei maximaler Brennstoffmenge maximal und bei minimaler Brennstoffmenge minimal ist.
12. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftmenge im brennstoffstrahlnahen Teilstrom (102) bei allen Einstellungen der Brennstoffmenge konstant ist.
13. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoffstrahl (80) einen zusammenhängenden Düsenöffnung ausgehenden Spitzkegel bildet.

61

14. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom (102) im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung (79) des Brennstoffstrahls (80) in die Brennkammer (92) eintritt.
15. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom (102) den Brennstoffstrahl (80) umströmend in die Brennkammer (92) eintritt.
16. Brenner nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom (102) im Bereich eines Umfangs eines Düsenkopfs (50) der Düse (28, 228) in die Brennkammer (92) einströmt.
17. Brenner nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom (102) entlang einer definierten Außenkontur (98) des Düsenkopfs (50) strömt.
18. Brenner nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom (102) und der Brennstoffstrahl (80) durch dieselbe zentrale Einströmöffnung (94) in die Brennkammer (92) eintreten.

62

19. Brenner nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der brennstoffstrahlnahe Teilstrom (102) durch einen Durchlaß (100) zwischen dem Düsenkopf (28, 228) und einem Rand einer für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom (102) vorgesehenen Einströmöffnung (94) in die Brennkammer (92) strömt.
20. Brenner nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Einströmöffnung (94) für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom (102) turbulenzzerzeugend ausgebildet ist.
21. Brenner nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Einströmöffnung (94) mit einer Wirbelkante (104) versehen ist.
22. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Brennluftstrom (102, 106) durch eine Vorkammer (48) hindurch geführt ist.
23. Brenner nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennluftstrom (102, 106) durch ein Trennelement (90) hindurch in die Brennkammer (92) eintritt.
24. Brenner nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Trennelement (90, 290) eine der Düse (28, 228) zugewandte Einströmöffnung (94) für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom (102) aufweist.

25. Brenner nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Trennelement (90, 290) relativ zu der Einströmöffnung (94) für den brennstoffstrahlnahen Teilstrom (102) mindestens eine radial außenliegende Öffnung (110, 210) für den rezirkulationsstabilisierenden Teilstrom (106) aufweist.
26. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkammer (92) sich ausgehend von einer Ebene (89) erstreckt, welche nahe der Ebene der Düsenöffnung liegt.
27. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkammer (92) zwischen dem Trennelement (90) und dem Bereich der Flammenwurzel (114) einen im wesentlichen konstanten Querschnitt aufweist.
28. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Trennelement (90) eine Blende ist.
29. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Blende (90) sich in einer Ebene (89) erstreckt.

64

30. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkammer (92) einen vom nichtbrennenden Teil (81) des Brennstoffstrahls (80) durchsetzten und sich um diesen herum erstreckenden Rezirkulationsraum (91) aufweist.
31. Brenner nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Rezirkulationsraum (91) sich mindestens bis zur Flammenwurzel (114) erstreckt.
32. Brenner nach einem der Ansprüche 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom (106) in den Rezirkulationsraum (91) eintritt.
33. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom (106) symmetrisch zu einer Symmetriearchse der Brennkammer (92) ausgebildet ist.
34. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der rezirkulationsstabilisierende Teilstrom (106) in Form eines auf einem Zylinder liegenden Strombildes (105) in die Brennkammer (92) eintritt.
35. Brenner nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Strombild aus parallelen Einzelteilströmen (105) zusammengesetzt ist.

65

36. Brenner nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelströme (105) im konstanten Winkelabstand (111) zueinander angeordnet sind.
37. Brenner nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Winkelabstandes (111) zwischen zwei Einzelteilströmen (105) zur Winkelbreite des Eintrittsquerschnitts (110) jedes Einzelteilstroms (105) zwischen ungefähr 10 und ungefähr 0,1 liegt.
38. Brenner nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Winkelabstandes (111) zwischen zwei Einzelteilströmen (105) zur Winkelbreite des Eintrittsquerschnitts (110) jedes Einzelteilstroms (105) zwischen ungefähr 1,5 und 0,1 liegt.
39. Brenner nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Winkelabstandes (111) zwischen zwei Einzelteilströmen (105) zur Winkelbreite des Eintrittsquerschnitts (110) jedes Einzelteilstroms (105) im Bereich von ungefähr 0,7 und 0,25 liegt.
40. Brenner nach einem der Ansprüche 33 bis 39, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinder ein Kreiszylinder ist, welcher durch einen mittig desselben liegenden Teilkreis (109) festgelegt ist.

66

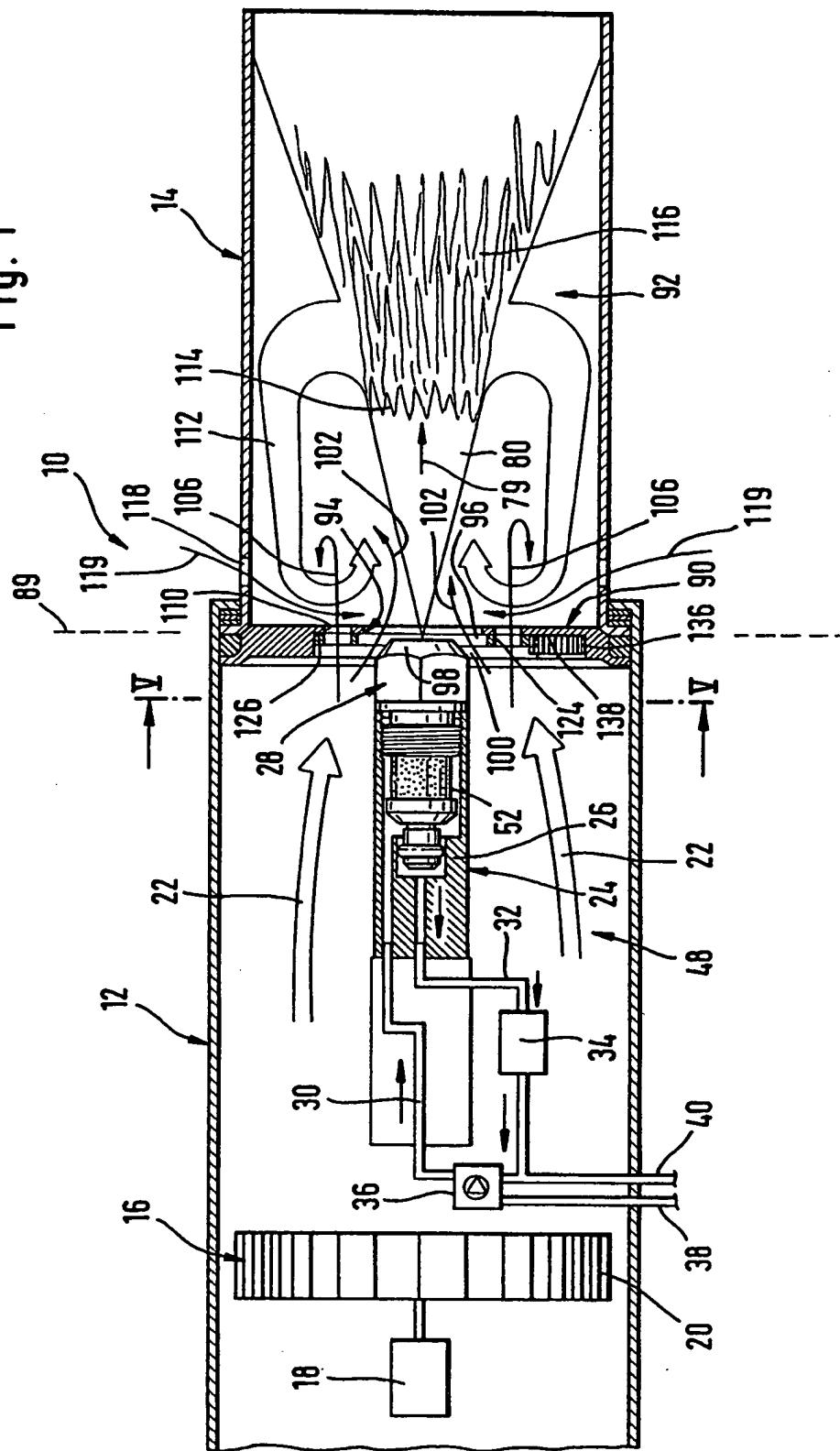
41. Brenner nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß der Rezirkulationsraum (91) einen Außendurchmesser aufweist, welcher ungefähr 1,5 bis ungefähr 3 mal größer ist als der Durchmesser des Teilkreises (109) des Kreiszylinders ist.
42. Brenner nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß der Rezirkulationsraum (91) einen Innendurchmesser aufweist, welcher ungefähr 2 bis ungefähr 2,5 mal größer ist als der Durchmesser des Teilkreises (109) des Kreiszylinders ist.
43. Brenner nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß der Rezirkulationsraum (91) einen Innendurchmesser aufweist, welcher ungefähr 2,4 mal so groß ist wie der Durchmesser des Teilkreises (109) des Kreiszylinders.
44. Brenner nach einem der Ansprüche 30 bis 43, dadurch gekennzeichnet, daß sich an den Rezirkulationsraum (91) der Flammraum (117) anschließt.
45. Brenner nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß der Flammraum (117) einen Innendurchmesser aufweist, welcher kleiner als der des Rezirkulationsraums (91) ist.
46. Brenner nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser des Flammraums (117) im Bereich des ungefähr 0,6 bis ungefähr 0,9-fachen des Innendurchmessers des Rezirkulationsraums (91) liegt.

67

47. Brenner nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser des Flammraums (117) im Bereich des ungefähr 0,8-fachen des Innendurchmessers des Rezirkulationsraums (91) beträgt.
48. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flamme (116) eine in der Brennkammer (92) liegende Flammenwurzel (114) aufweist.
49. Brenner nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Brennkammer (92) über die Flammenwurzel (114) hinaus erstreckt.
50. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Rezirkulationsströmung (119) getrennt von dem Brennluftstrom (102, 106) in die Brennkammer (92) eintritt.
51. Brenner nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Rezirkulationsströmung (119) durch Rezirkulationsöffnungen (118) im Flammrohr (14) direkt in die Brennkammer (92) eintritt.
52. Brenner nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fläche der für den Eintritt des Brennluftstroms (102, 106) in die Brennkammer (92) vorgesehenen Öffnungen (94, 110) maximal ungefähr der Fläche der im Flammrohr (14) vorgesehenen Rezirkulationsöffnungen (118) für die äußere Rezirkulationsströmung (119) entspricht.

1 / 11

一  
九



2/11

Fig. 2

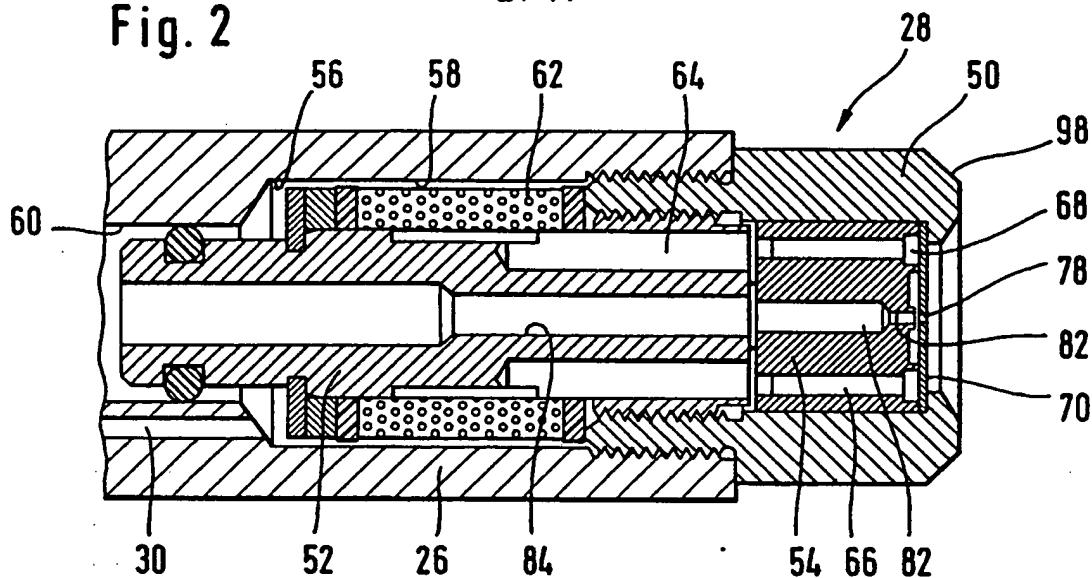


Fig. 4

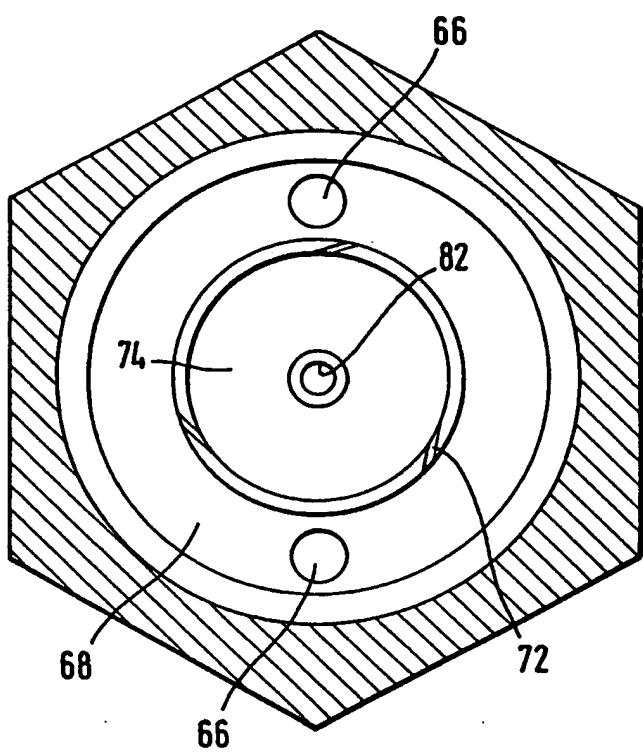


Fig. 3

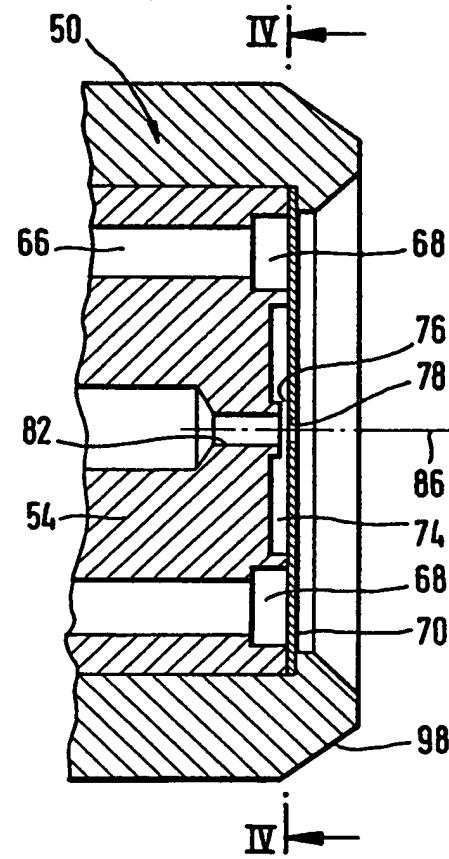


Fig. 5

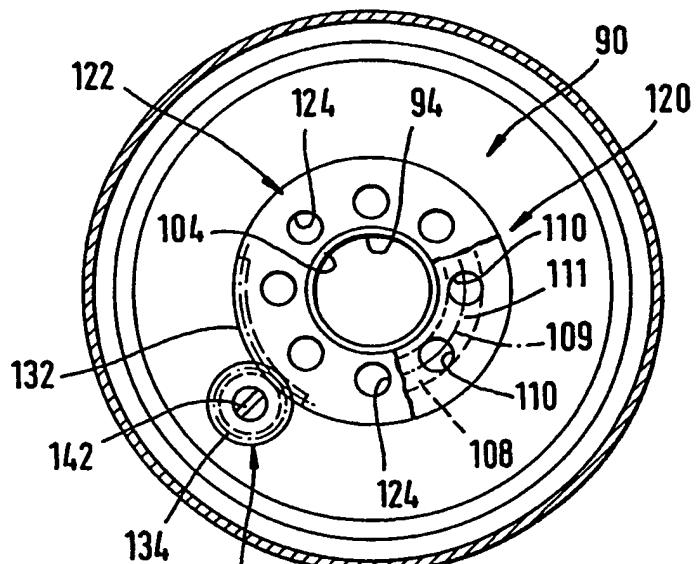


Fig. 6

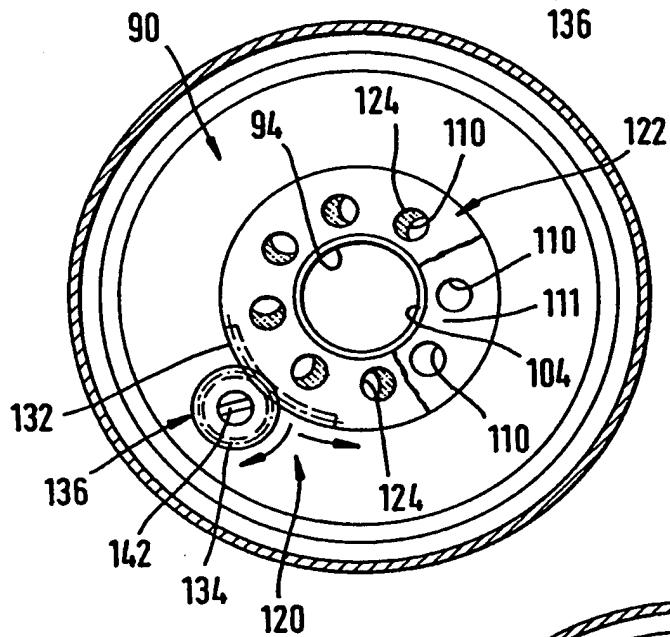
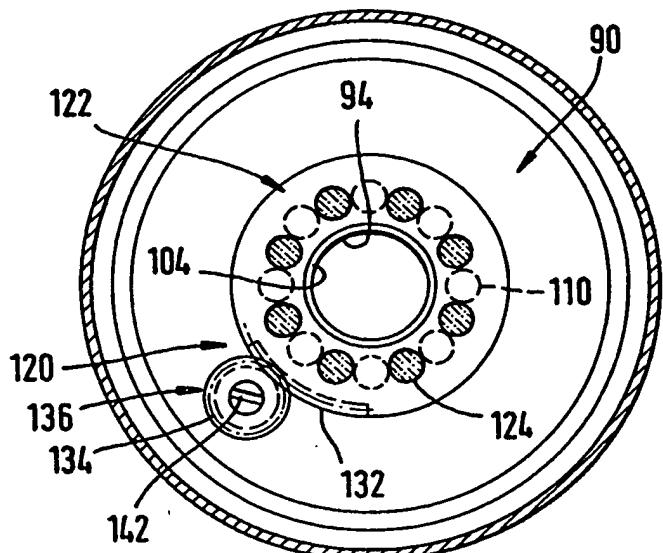
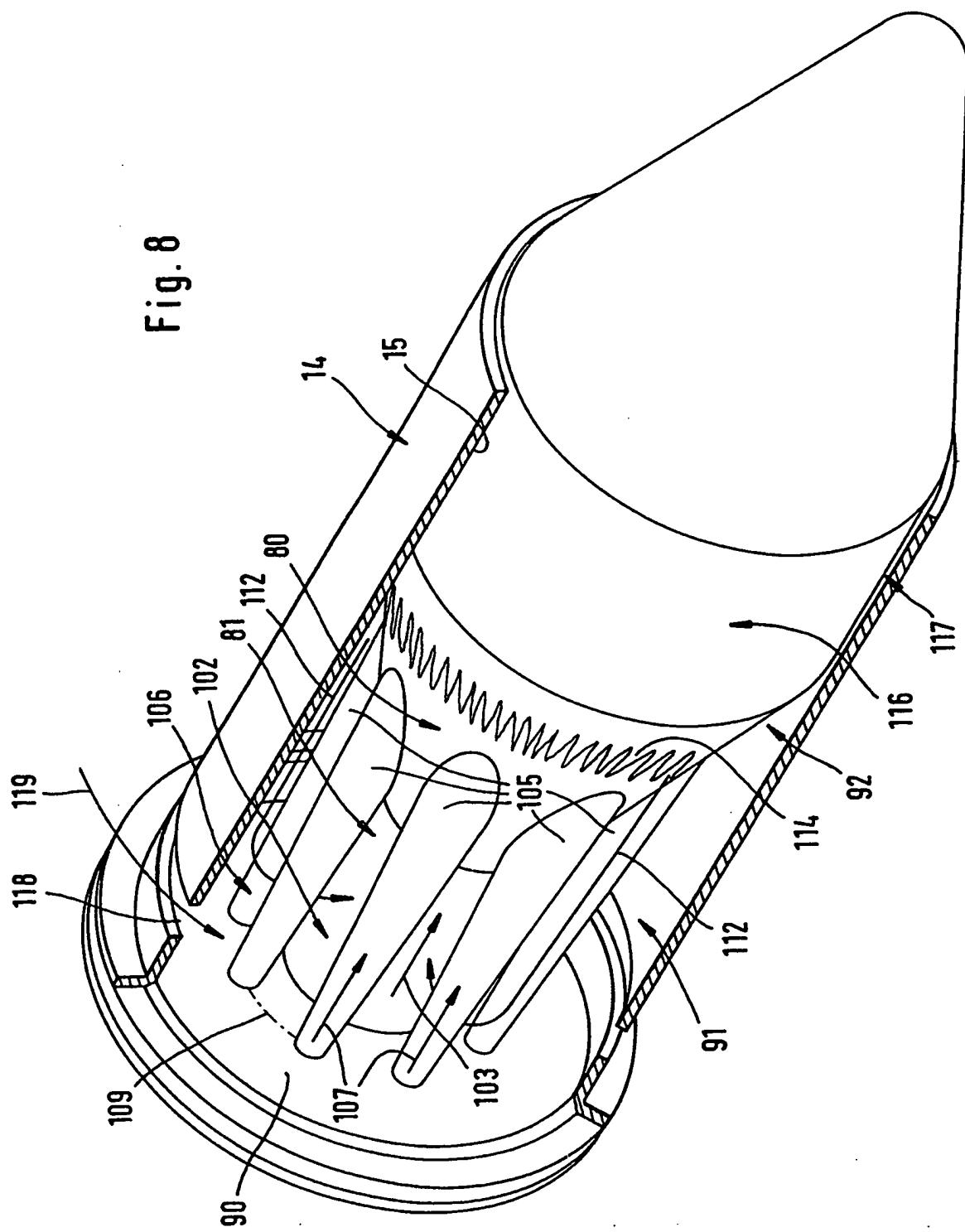


Fig. 7



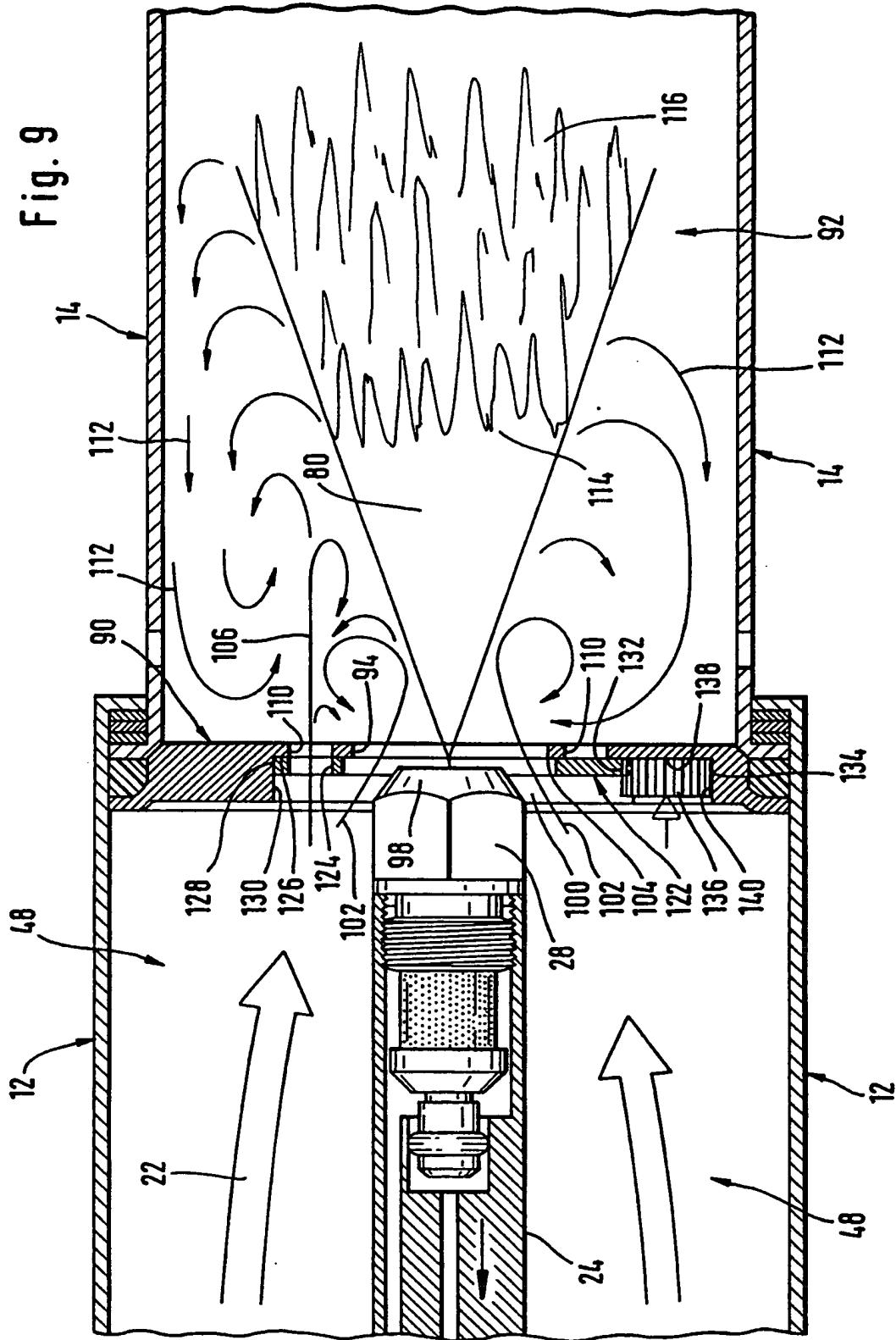
4/11

Fig. 8



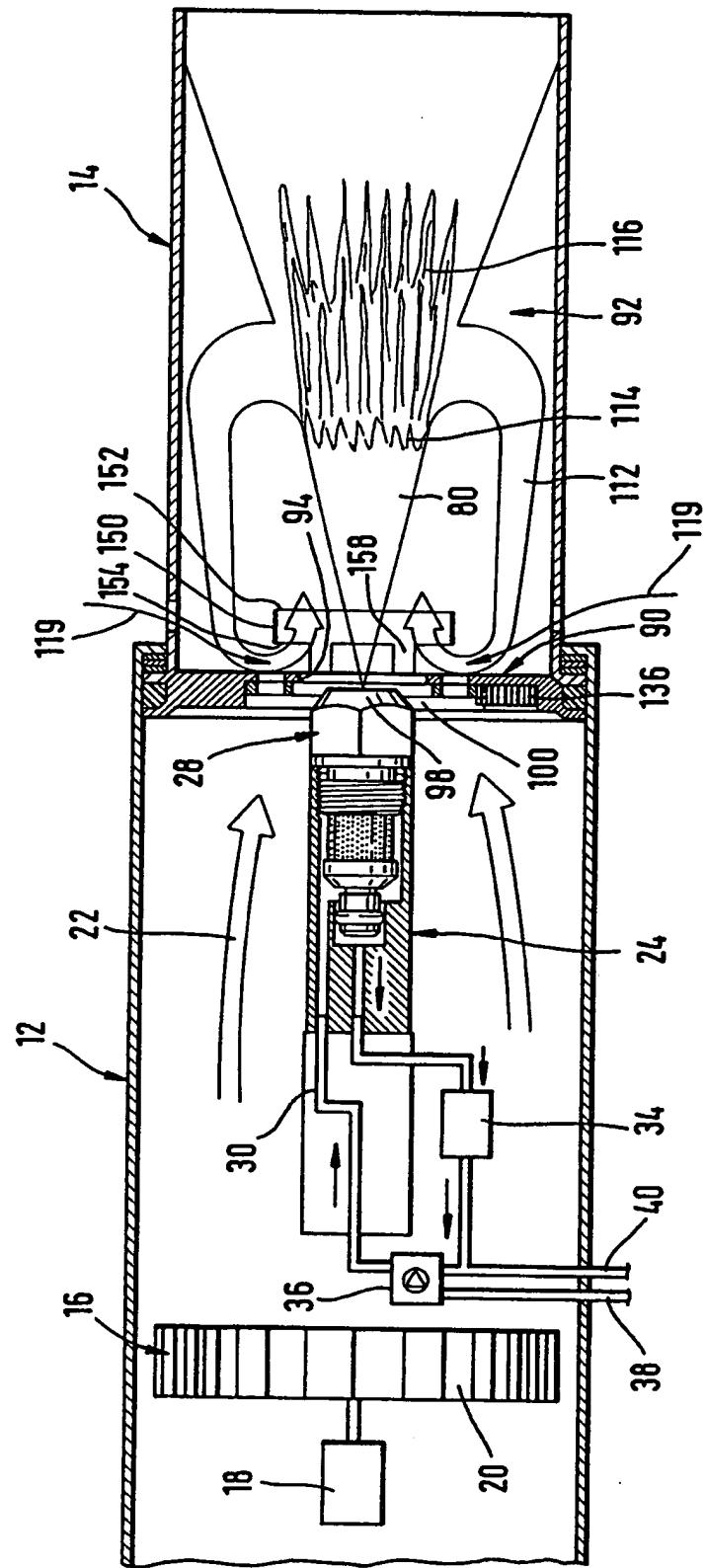
5/11

Fig. 9

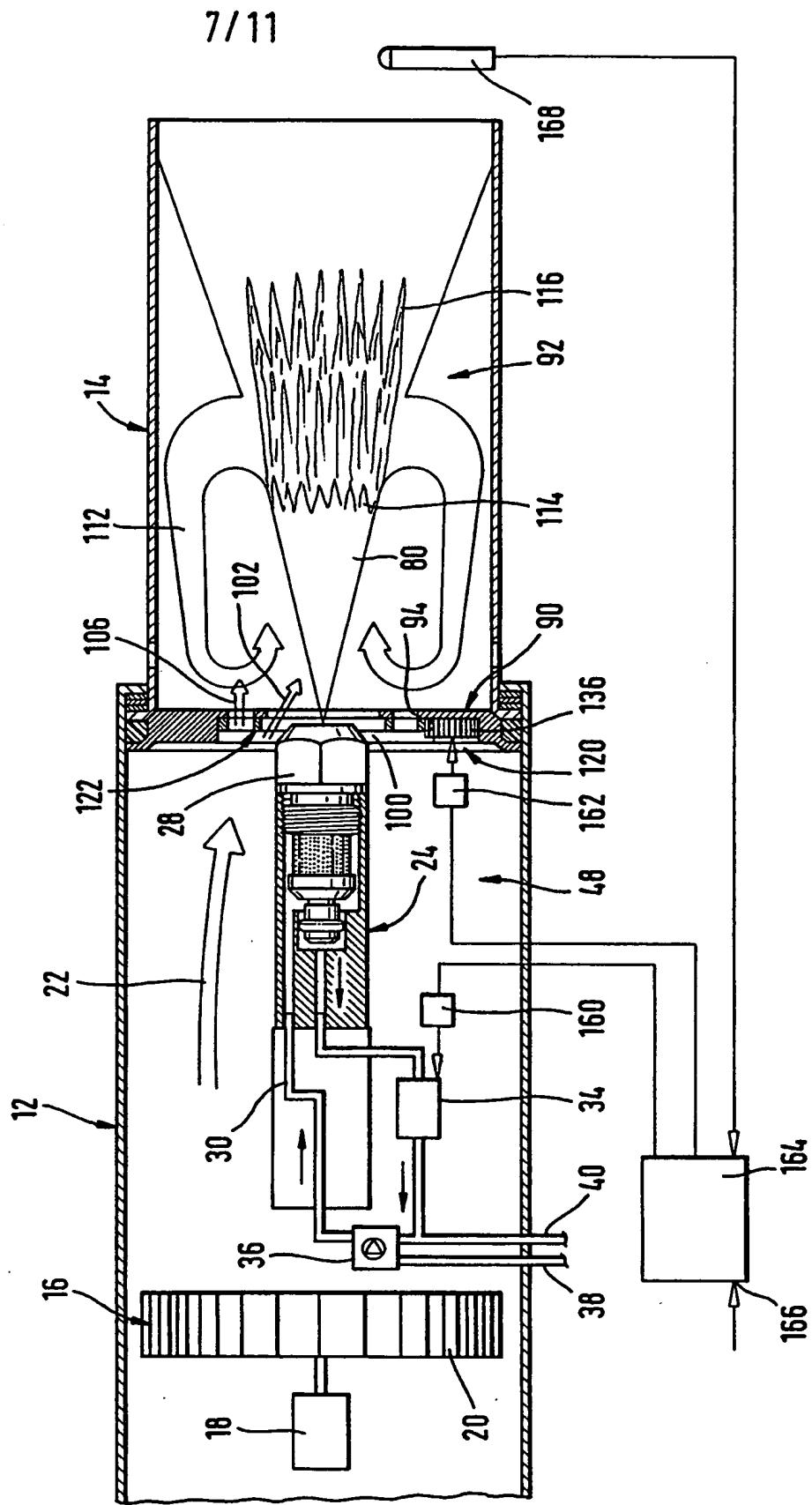


6 / 11

Fig. 10

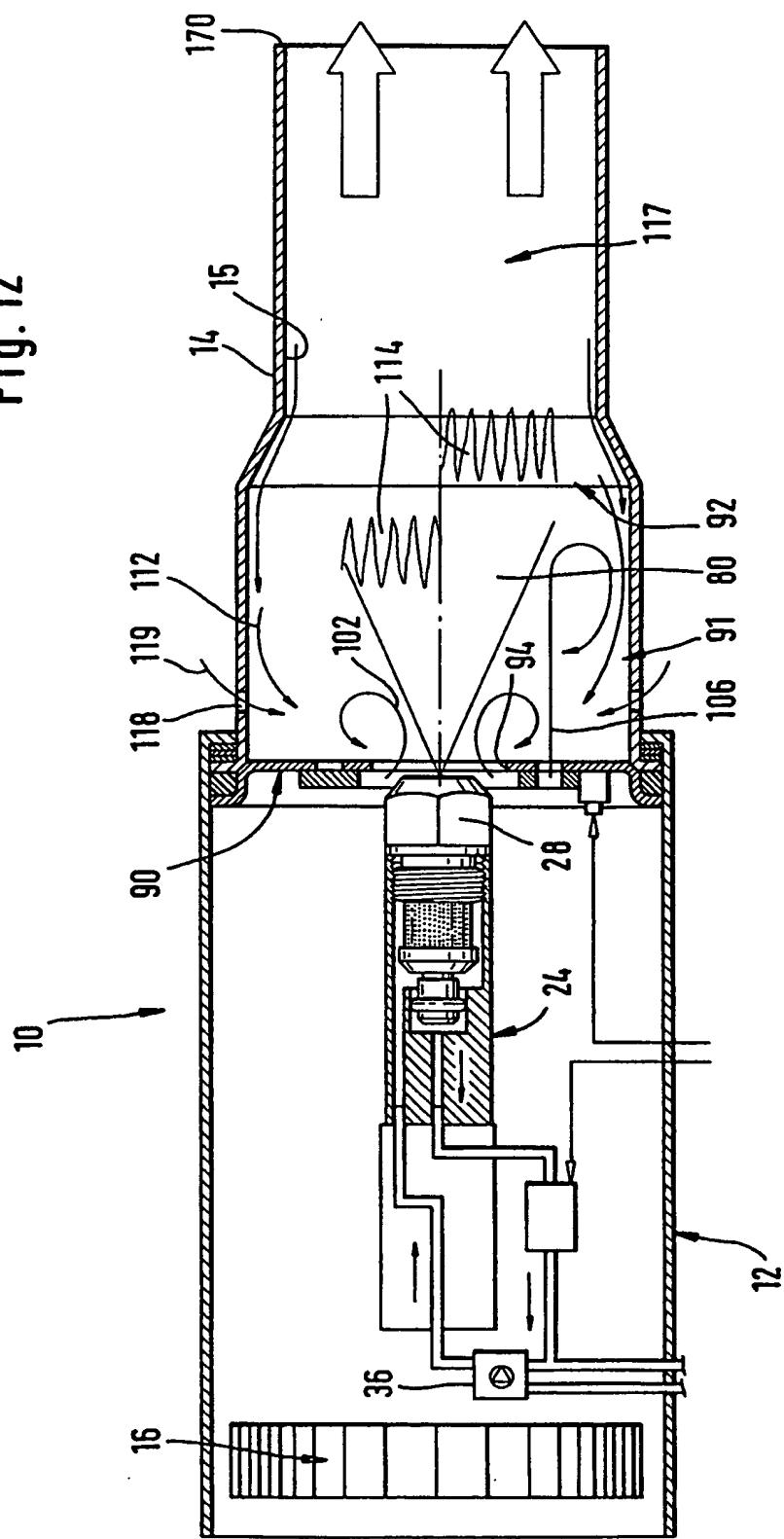


11  
Fig.



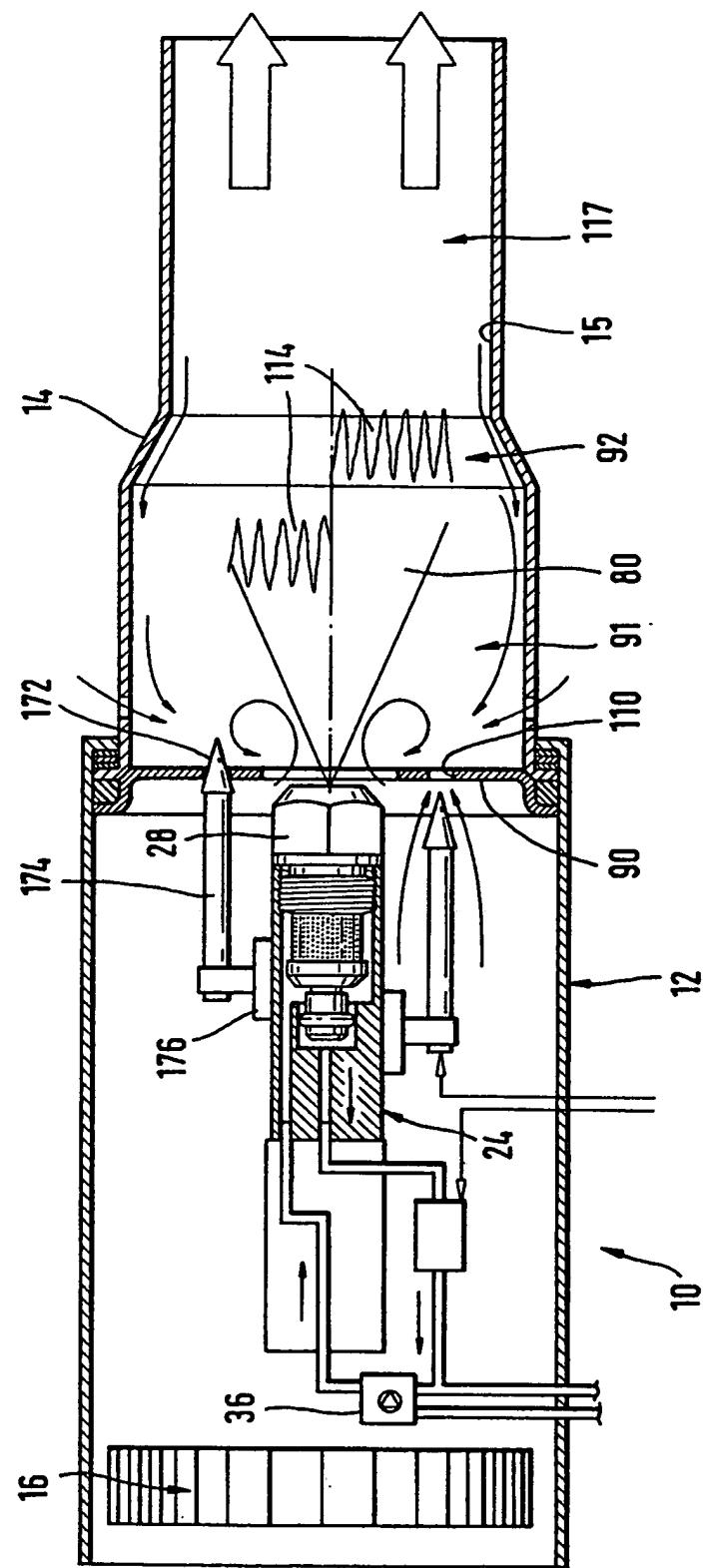
8/11

Fig. 12



9 / 11

Fig. 13



10 / 11

Fig. 14

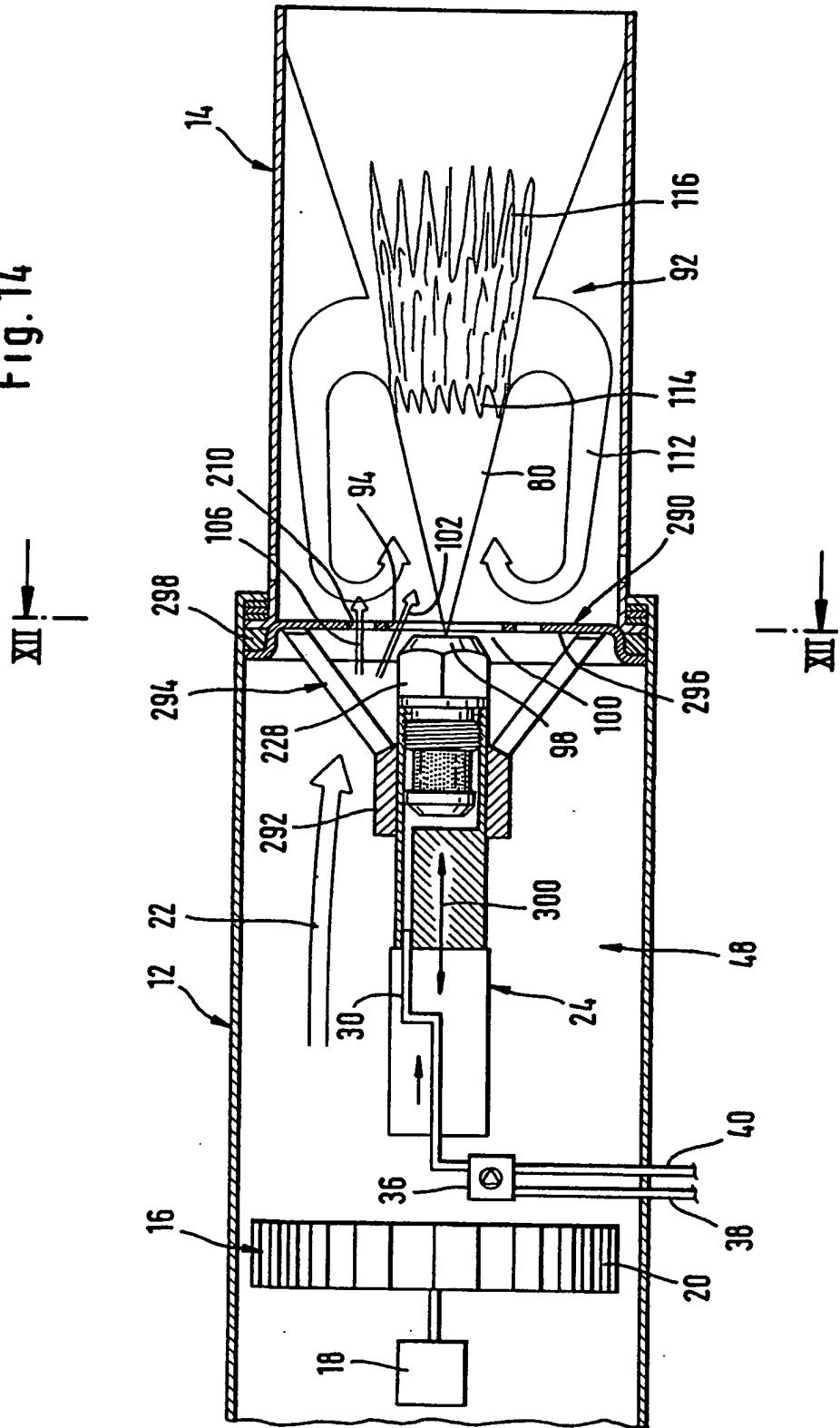


Fig. 15

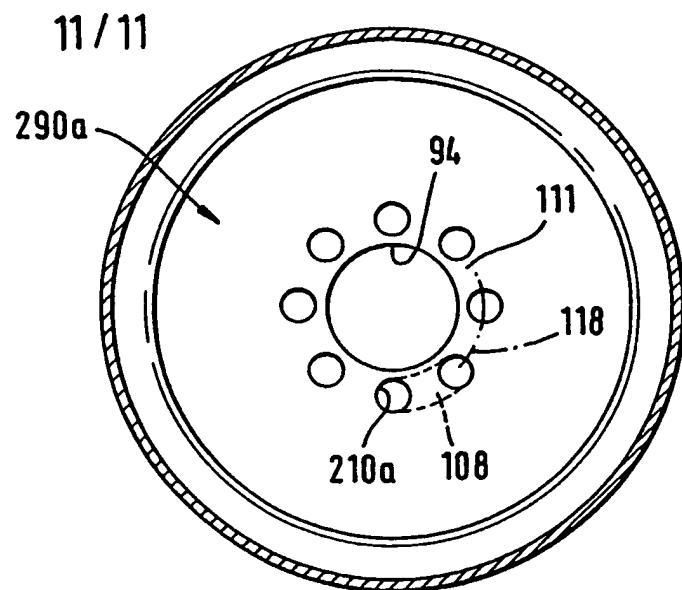


Fig. 16

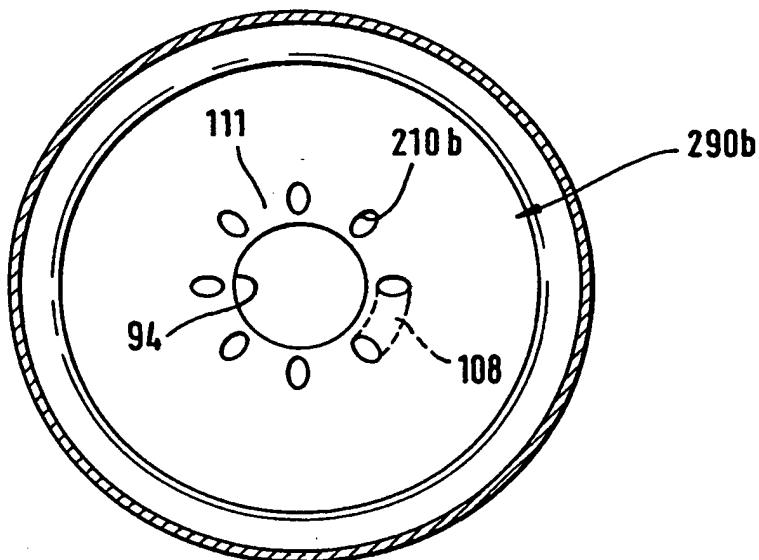
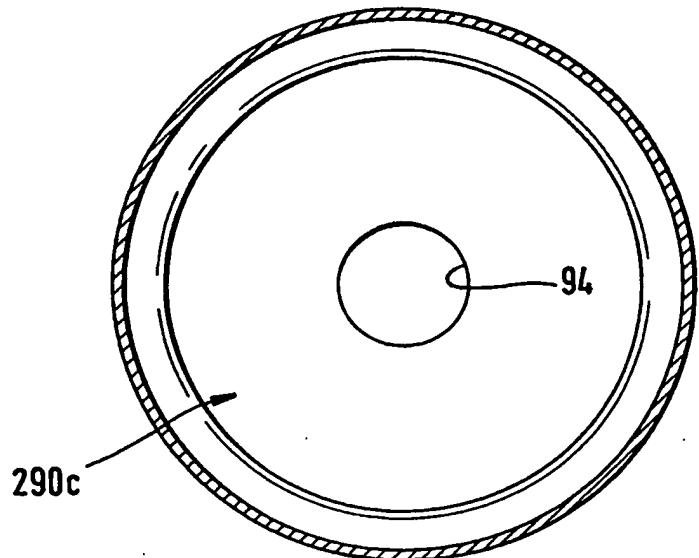


Fig. 17



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No

PCT/EP 94/04204

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 F23D11/40 F23C9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 F23D F23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.                               |
|----------|--|---|
| A        | <p>WO,A,93 19325 (DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FUER LUFT-UND RAUMFAHRTE) 30 September 1993</p> <p>see page 14, paragraph 2 - page 15,<br/>paragraph 3</p> <p>see page 15, paragraph 5 - page 16,<br/>paragraph 3</p> <p>see figure 1</p> <p>-----</p> <p>-/-</p> | 1-4, 7, 8,<br>13-19,<br>22-31,<br>33, 35,<br>50, 51 |

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 April 1995

Date of mailing of the international search report

13. 04. 95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 cpo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Phoa, Y

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/EP 94/04204

## C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.                           |
|----------|--|---|
| A        | DE,A,42 01 060 (MAN B&W DIESEL AG) 22 July 1993<br><br>see column 3, line 22 - column 3, line 61<br>see column 5, line 11 - column 5, line 23<br>see column 6, line 29 - column 6, line 48<br>see figures 1-5<br>--- | 1-4,7,8,<br>13-19,<br>22-29,<br>33,35,<br>50,51 |
| A        | WO,A,86 07434 (MULLER) 18 December 1986<br><br>see page 4, last paragraph - page 5,<br>paragraph 3; figure 1<br>---  | 1,7,8,<br>14-19,<br>22-29,<br>33,35,<br>50,51   |
| A        | EP,A,0 558 455 (FÜLLEMANN) 1 September 1993<br><br>see page 5, line 37 - page 5, line 58;<br>figures 1,2,10,11<br>---  | 8-10  |
| A        | WO,A,92 20964 (MAY) 26 November 1992<br>---  |   |
| A        | DE,A,31 09 988 (HOFFMANN) 2 December 1982<br>cited in the application<br>---   |   |
| A        | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 10, no. 96 (M-469) 12 April 1986<br>& JP,A,60 232 408 (KORONA KK) 19 November 1985<br>see abstract<br>-----  |   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No

PCT/EP 94/04204

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) |          | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|----------|------------------|
| WO-A-9319325                           | 30-09-93         | DE-A-                   | 4209221  | 23-09-93         |
|  |                  | EP-A-                   | 0585441  | 09-03-94         |
|  |                  | HU-A-                   | 66253    | 28-10-94         |
|  |                  | US-A-                   | 5370526  | 06-12-94         |
| DE-A-4201060                           | 22-07-93         | NONE                    |          |                  |
| WO-A-8607434                           | 18-12-86         | FR-A-                   | 2582781  | 05-12-86         |
|  |                  | EP-A-                   | 0225344  | 16-06-87         |
|  |                  | JP-T-                   | 62503116 | 10-12-87         |
| EP-A-0558455                           | 01-09-93         | HU-A-                   | 65222    | 02-05-94         |
|  |                  | US-A-                   | 5346391  | 13-09-94         |
| WO-A-9220964                           | 26-11-92         | AU-A-                   | 1793992  | 30-12-92         |
|  |                  | US-A-                   | 5252059  | 12-10-93         |
| DE-A-3109988                           | 02-12-82         | NONE                    |          |                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat ies Aktenzeichen  
PCT/EP 94/04204

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 F23D11/40 F23C9/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 F23D F23C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.   |
|------------|--|--|
| A          | <p>WO,A,93 19325 (DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FUER LUFT-UND RAUMFAHRTE) 30. September 1993</p> <p>siehe Seite 14, Absatz 2 - Seite 15, Absatz 3</p> <p>siehe Seite 15, Absatz 5 - Seite 16, Absatz 3</p> <p>siehe Abbildung 1</p> <p>---</p> <p>-/-</p> | <p>1-4,7,8,<br/>13-19,<br/>22-31,<br/>33,35,<br/>50,51</p> |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*' A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*' E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*' L\* Veröffentlichung, die gezeigt ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*' O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Aussteilung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*' P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*' T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*' X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*' Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*' &\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

|   |  |
|---|--|
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Rechercheberichts |
| 10. April 1995                                      | 13. 04. 95   |

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Phoa, Y

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| Internat        | les Aktenzeichen |
| PCT/EP 94/04204 |                  |

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |   |
|--|--|---|
| Kategorie*   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.                              |
| A  | DE,A,42 01 060 (MAN B&W DIESEL AG) 22.<br>Juli 1993<br><br>siehe Spalte 3, Zeile 22 - Spalte 3, Zeile<br>61<br>siehe Spalte 5, Zeile 11 - Spalte 5, Zeile<br>23<br>siehe Spalte 6, Zeile 29 - Spalte 6, Zeile<br>48<br>siehe Abbildungen 1-5<br>---- | 1-4,7,8,<br>13-19,<br>22-29,<br>33,35,<br>50,51 |
| A  | WO,A,86 07434 (MULLER) 18. Dezember 1986<br><br>siehe Seite 4, letzter Absatz - Seite 5,<br>Absatz 3; Abbildung 1<br>----  | 1,7,8,<br>14-19,<br>22-29,<br>33,35,<br>50,51   |
| A  | EP,A,0 558 455 (FÜLLEMANN) 1. September<br>1993<br>siehe Seite 5, Zeile 37 - Seite 5, Zeile<br>58; Abbildungen 1,2,10,11<br>----   | 8-10  |
| A  | WO,A,92 20964 (MAY) 26. November 1992<br>----  |   |
| A  | DE,A,31 09 988 (HOFFMANN) 2. Dezember 1982<br>in der Anmeldung erwähnt<br>----   |   |
| A  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 10, no. 96 (M-469) 12. April 1986<br>& JP,A,60 232 408 (KORONA KK) 19. November<br>1985<br>siehe Zusammenfassung<br>-----  |   |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

**PCT/EP 94/04204**

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie |          | Datum der Veröffentlichung |
|---|----------------------------|--------------------------------|----------|----------------------------|
| WO-A-9319325                                    | 30-09-93                   | DE-A-                          | 4209221  | 23-09-93                   |
|   |                            | EP-A-                          | 0585441  | 09-03-94                   |
|   |                            | HU-A-                          | 66253    | 28-10-94                   |
|   |                            | US-A-                          | 5370526  | 06-12-94                   |
| DE-A-4201060                                    | 22-07-93                   | KEINE                          |          |                            |
| WO-A-8607434                                    | 18-12-86                   | FR-A-                          | 2582781  | 05-12-86                   |
|   |                            | EP-A-                          | 0225344  | 16-06-87                   |
|   |                            | JP-T-                          | 62503116 | 10-12-87                   |
| EP-A-0558455                                    | 01-09-93                   | HU-A-                          | 65222    | 02-05-94                   |
|   |                            | US-A-                          | 5346391  | 13-09-94                   |
| WO-A-9220964                                    | 26-11-92                   | AU-A-                          | 1793992  | 30-12-92                   |
|   |                            | US-A-                          | 5252059  | 12-10-93                   |
| DE-A-3109988                                    | 02-12-82                   | KEINE                          |          |                            |

**PUB-NO:** WO009516882A1  
**DOCUMENT-  
IDENTIFIER:** WO 9516882 A1  
**TITLE:** BLUE-FLAME BURNER WITH  
OPTIMIZED COMBUSTION  
CHARACTERISTICS  
**PUBN-DATE:** June 22, 1995

**INVENTOR-INFORMATION:**

| <b>NAME</b>     | <b>COUNTRY</b> |
|-----------------|----------------|
| KNAPP, BERNHARD | N/A            |
| BADER, MANFRED  | N/A            |
| MARDORF, LUTZ   | N/A            |

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

| <b>NAME</b>                    | <b>COUNTRY</b> |
|--------------------------------|----------------|
| DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT | DE             |

**APPL-NO:** EP09404204

**APPL-DATE:** December 17, 1994

**PRIORITY-DATA:** DE04343430A (December 18, 1993) ,  
DE04430889A (August 31, 1994)

**INT-CL (IPC):** F23D011/40 , F23C009/00

**EUR-CL (EPC):** F23C009/00 , F23C009/00 , F23D011/28 , F23D011/40

**ABSTRACT:**

CHG DATE=19950809 STATUS=O>The invention concerns a liquid-fuel burner comprising a housing (10), a precombustion chamber (48) containing a nozzle assembly (24) with a nozzle (28) which produces a jet of fuel (80), a combustion chamber (92) in which the fuel jet broadens out, a partition (90) between the precombustion and combustion chambers, and a fan (16) designed to force a stream of combustion air into the combustion chamber, the fuel burning essentially stoichiometrically with a blue flame. In order to improve the burner to minimize the amounts of pollutants in the combustion gases, the invention proposes that, in addition to a stream of combustion air (102) entering the combustion chamber near the fuel jet, a second, recirculation-stabilizing stream of air (106) enters opposite the first stream, at a defined radial distance further out from the first stream. Inside the combustion chamber, an inner recirculation stream (112) is formed which is stabilized by the second stream of combustion air.